



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía para optar al título de

INGENIERO CIVIL

“Diseño de estructura de pavimento de adoquín y drenaje de la Calle en el costado sur del Hospital “Humberto Alvarado”, Reparto Héroes y Mártires de Monimbó; Masaya.

Presentada por:

Br. Kenia Yaosca Escobar Canda.

Br. Haroldo Rafael Muñoz Cabrales.

Tutora:

Ing. Claudia Verónica Reyes Romero.

Managua, Nicaragua.

Enero del 2013

Dedicatoria.

*Dedicada en primer lugar a **Jehová, Dios**, por ser mi fuerza, por ser mi apoyo, por darme la vida y todo lo que tengo.*

*A mi querida abuelita **Melba Lanza Brenes**, quien me ha apoyado incondicionalmente a pesar de todo, por quien soy hoy, y porque la amo como a una madre.*

*A mis padres **Enrique Escobar Selva** e **Ivonne Canda Lanza**, en especial a mi papá quien me inculco los grandes y buenos principios de la vida, por estar conmigo siempre brindándome su apoyo incondicionalmente.*

Xenia Paosca Escobar Canda.

Agradecimientos.

*Le doy gracias a **Jehová, Dios**, por la vida, por la sabiduría y amor durante todos estos años, por permitirme llegar a la culminación de este trabajo.*

*A mi **abuelita** y **Padres**, por su apoyo incondicional, por estar a mi lado todo este tiempo, por esperar junto a mi este momento de culminación de mis estudios se hiciera realidad.*

*A la **Ing. Claudia Reyes Romero**, por haberme apoyado como tutora, con sus consejos y recomendaciones para desarrollar y finalizar este documento, y sobre todo por su disponibilidad y atención.*

*A los docentes de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-RUPAP), en especial a la **Ing. Alejandrina Jara**, **Ing. Israel Morales**. Así como también a los Técnicos del Laboratorio de Suelo de esta misma universidad; por su apoyo y confianza en nuestro trabajo y su capacidad para guiar nuestras ideas que han sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta monografía, sino también en nuestra formación como Ingenieros.*

A todos nuestros familiares y amigos que de una u otra manera estuvieron pendientes a lo largo de este proceso, brindando su apoyo incondicional.

Xenia Paosca Escobar Panda.

Agradecimientos.

*Le doy gracias **aDios**, por la vida, por la sabiduría y amor durante todos estos años, por permitirme llegar a la culminación de este trabajo.*

*A **mis Padres**, por su apoyo incondicional, por estar a mi lado todo este Tiempo, por esperar junto conmigo que este momento de culminación de mis estudios se hiciera realidad.*

*A **mis abuelos** por su completo apoyo para lograr mi formación profesional y personal.*

*Ala **Ing. Claudia Reyes**, por haberme apoyado como tutora, con sus consejos y recomendaciones para desarrollar y finalizar este documento, y sobre todo por su disponibilidad y atención.*

Haroldo Rafael Muñoz Cabrales.

Dedicatoria.

*Dedicada a **Dios**, por ser la luz que guía mi vida, por ser mi apoyo, por darme la vida y todo lo que tengo, en especial por obsequiarme mi más grande tesoro, mis padres.*

*A mis padres, **Melba Carlota Cabrales Martínez y Haroldo Francisco Muñoz Cerrato**, que incondicionalmente han estado en cada momento de mi vida y han sido mi apoyo, por ser los cimientos de mi educación, por sus sabios consejos y confiar en mis decisiones.*

*A mis abuelos **Norma Martínez Vásquez y Francisco Cabrales Moreira** por ser apoyo en mi desarrollo personal y profesional, por estar presente en mi vida.*

A un gran amigo, quien estuvo a mi lado y me dio su apoyo para culminar mis estudios universitarios, gracias por estar ahí.

Haroldo Rafael Muñoz Cabrales.

INDICE GENERAL

RESUMEN GENERAL

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1 Introducción.....	1
1.2 Ubicación y Localización.....	2
1.2.1 Macro Localización.....	2
1.2.2 Micro Localización.....	3
1.3 Antecedentes.....	4
1.4 Justificación.....	6
1.5 Objetivos.....	7
1.5.1 Objetivo General.....	7
1.5.2 Objetivos Específicos.....	7

CAPITULO II. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

2.1 Introducción.....	8
2.1.1 Planimetría.....	8
2.1.2 Altimetría.....	8

CAPITULO III. ESTUDIO DE SUELOS

3.1 Introducción.....	19
3.2 Trabajos de Campo y Laboratorio.....	19
3.2.1 Ensayes de los sondeos de línea.....	19
3.3 Resultados Obtenidos.....	20
3.3.1 Sondeos de Línea.....	20
3.4 Ensaye C.B.R.....	22
3.5 Banco de Materiales.....	24

CAPITULO IV. ESTUDIO DE TRANSITO

4.1	Introducción.....	26
4.2	Parámetros para determinar el Tránsito del Carril de Diseño.....	27
4.2.1	Periodo de Diseño (n).....	27
4.2.2	El tránsito de Diseño (T_D).....	28
4.2.3	Factor de crecimiento (F_{CR}).....	28
4.2.4	Factor de Distribución por Dirección (F_D).....	29
4.2.5	Factor de Distribución por Carril (F_C).....	29
4.2.6	Tasa de Crecimiento (T_C).....	29
4.2.6.1	Crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB).....	30
4.2.6.2	Tasa de Crecimiento Poblacional.....	30
4.3	Cálculo del Tránsito de Diseño.....	31
4.4	Factores de carga equivalentes de pavimentos flexibles para ejes simples.....	32
4.5	Cálculo del Esal's de Diseño.....	34

CAPITULO V. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON ADOQUIN

5.1	Introducción.....	35
5.2	Variables para el Diseño.....	36
5.2.1	Confiabilidad.....	36
5.3	Criterios de Comportamiento.....	36
5.3.1	Índice de Serviciabilidad (ΔPSI).....	36
5.4	Propiedades de los materiales.....	38
5.4.1	Módulo Resiliente de la Sub Rasante.....	38
5.5	Estructura de Pavimento a Base de Adoquín.....	39
5.5.1	Superficie de Concreto Asfáltica.....	39
5.6	Desviación estándar (S_o).....	39

5.7 Drenaje (m_i).....	39
5.8 El CBR de Base.....	40
5.9 Características de los materiales en los pavimentos...	40
5.10 Coeficientes de capas.....	40
5.10.1 Carpeta de Rodamiento de Adoquín (a_1)....	41
5.10.2 Bases granulares.....	41
5.11 Diseño Estructural del Pavimento.....	41
5.11.1 Procedimientos de diseño de pavimento....	42
5.11.2 Espesor de la carpeta.....	43
5.12 Datos de Diseño.....	44
5.13 Resultados.....	45

CAPITULO VI: ESTUDIO HIDROTECNICO

6.1 Introducción.....	46
6.2 Diseño de Sistemas de Drenaje Superficial.....	47
6.3 Intensidades Máximas Anuales, Departamento de Masaya.....	48
6.4 Ecuaciones del Método de distribución de Valores Extremos, para la estimación de intensidades de lluvia.....	48
6.4.1 Parámetro Alfa (α).....	48
6.4.2 Moda μ	49
6.4.3 Variable Reducida (y_T)e Intensidades(x_T).....	49
6.5 Resultados.....	51
6.6 Relación de Intensidad-Duración-Frecuencia.....	52
6.7 Ajuste de Curvas IDF Ajustadas.....	53
6.8 Criterios para la selección de Periodo de Retorno de Estructuras de Drenajes.....	55

6.9 Método Racional.....	55
6.10 Coeficiente de Escorrentía.....	57
6.11 Caudal de Diseño Q.....	57
6.12 Drenaje del Pavimento.....	58
6.13 Pendiente Transversal.....	58
6.14 Cunetas (Canales Laterales).....	58
6.15 Diseño de la Sección.....	61

CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES.....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	65

CAPITULO VIII. ANEXOS

ANEXOS.....	67
-------------	----

RESUMEN GENERAL

Una buena infraestructura del camino brinda un mejor nivel de servicio al usuario y permite a la población la movilización a los centros de estudios, hospitales, centros de trabajo y diversidad de actividades. El proyecto vial considera la reconstrucción de la carretera con nuevas dimensiones de espesores de pavimento para garantizar un buen servicio de transporte colectivo y comercial.

La necesidad de brindar un excelente nivel de servicio de transporte vehicular y mantener adecuadamente el buen funcionamiento de la carretera por muchos años, conlleva a proponer la alternativa viable que considere un diseño basado en criterios y especificaciones de la American Association of State Highway and Transportation Officials (A.A.S.H.T.O)

En el levantamiento topográfico, se presentan como se encuentra la vía actualmente.

En el estudio de suelos, se presentan las especificaciones y los tipos de ensayos realizados a los suelos obtenidos de los sondeos de línea y del banco de material.

En el análisis de los volúmenes de tránsito, se consideró la composición de este y las variables que implican el cálculo del tránsito del carril de diseño como son: el período de diseño, la tasa de crecimiento vehicular, tránsito de diseño (T_d), el factor de distribución por carril (F_c) y el factor de distribución por dirección (F_d).

En el diseño de los espesores de pavimento flexible, se calculó el ESAL's para el carril de diseño, el modulo de resiliencia y el CBR de diseño de la sub – rasante. También se consideraron los siguientes parámetros: confiabilidad, desviación estándar, serviciabilidad, propiedades de los materiales y número estructural requerido, hasta llegar a obtener los espesores finales del pavimento.

En el estudio hidrotécnico, se diseño un canal triangular (cuneta) para disminuir un poco el caudal de la calle, y evitar así las inundaciones.

La Monografía consta de las siguientes partes que a continuación se detallan:

- ✎ **RESUMEN GENERAL**, en el cual se presenta una breve descripción del proyecto en estudio, así como una síntesis de lo realizado en cada uno de los capítulos.

- ✎ **CAPITULO I: Generalidades**. Se describen aspectos básicos del proyecto tales como introducción, ubicación del municipio, antecedentes, justificación y objetivos.

- ✎ **CAPITULO II: Análisis del Levantamiento Topográfico**. Que constituye el conjunto de operaciones que tiene por objeto conocer la posición relativa de los puntos sobre la tierra en base a su longitud, latitud y elevación (x, y, z).

- ✎ **CAPITULO III: Análisis del Estudio de Suelos**. Se examinan para conocer las características físico-mecánicas del suelo para la determinación de su utilidad en la vía como base, subbase y subrasante, el mismo incluyen las muestras sobre la vía y los bancos de materiales. En estos se identifica: granulometría, índice de plasticidad, límite líquido, pesos unitarios, ensayo Proctor Estándar, y ensayo CBR.

- ✎ **CAPITULO IV: Análisis del Estudio de Tránsito**. Donde se realiza el análisis de los volúmenes de tránsito, el número de vehículos que circulan por la vía.

- ✎ **CAPITULO V: Diseño de Pavimento Flexible**. Consiste en el diseño de los espesores de los pavimentos mediante el método AASTHO – 93.

☞ **CAPITULO VI: Análisis del Estudio Hidrotécnico.** Consiste en controlar y remover el exceso de agua superficial encontrada dentro de los límites del derecho de vía y el área adyacente.

☞ **CAPITULO VII: Conclusiones, Recomendaciones.** Producto del presente trabajo con el objetivo que sea de utilidad para la construcción del tramo en estudio.

☞ **CAPITULO VIII: Anexos.** Se complementa toda la información utilizada en el desarrollo del proyecto.

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1 Introducción.

La infraestructura vial incide mucho en la economía de nuestro país por el gran valor que tiene en ésta, pues al alto costo de construcción, mantenimiento o rehabilitación hay que adicionarle también los costos que se derivan por el mal estado de las vías, por eso los nuevos ingenieros que se dediquen a esta rama de la profesión se enfrentarán a un reto muy importante que es el de proporcionar estructuras de pavimentos eficaces con presupuestos cada vez más restringidos.

Dentro del contexto del diseño de pavimentos se acepta que el dimensionamiento de estas estructuras permite que se establezcan las características de los materiales de las distintas capas del pavimento y los espesores, de tal forma que el pavimento mantenga un "índice" de servicio aceptable durante la vida de servicio estimada.

La ingeniería de caminos, y la construcción de calles y autopistas son, a la vez, arte y ciencia. Sin embargo los caminos son, en primer lugar, un medio de transporte. Deben construirse para resistir y mantener adecuadamente el paso de los vehículos. Con el objeto de lograrlo, el diseño debe adoptar ciertos criterios de resistencia, seguridad y uniformidad.

1.2 Ubicación y Localización.

La vía en estudio se encuentra en la Ciudad de Masaya, Cabecera Departamental del Departamento de Masaya, la longitud del tramo a diseñar es de 595ml.

1.2.1 Macro Localización.

Figura N° 1: Mapa de División Política-Nicaragua, Municipio de Masaya.



Fuente: Instituto Nacional de Turismo (INTUR).

1.2.2 Micro Localización.

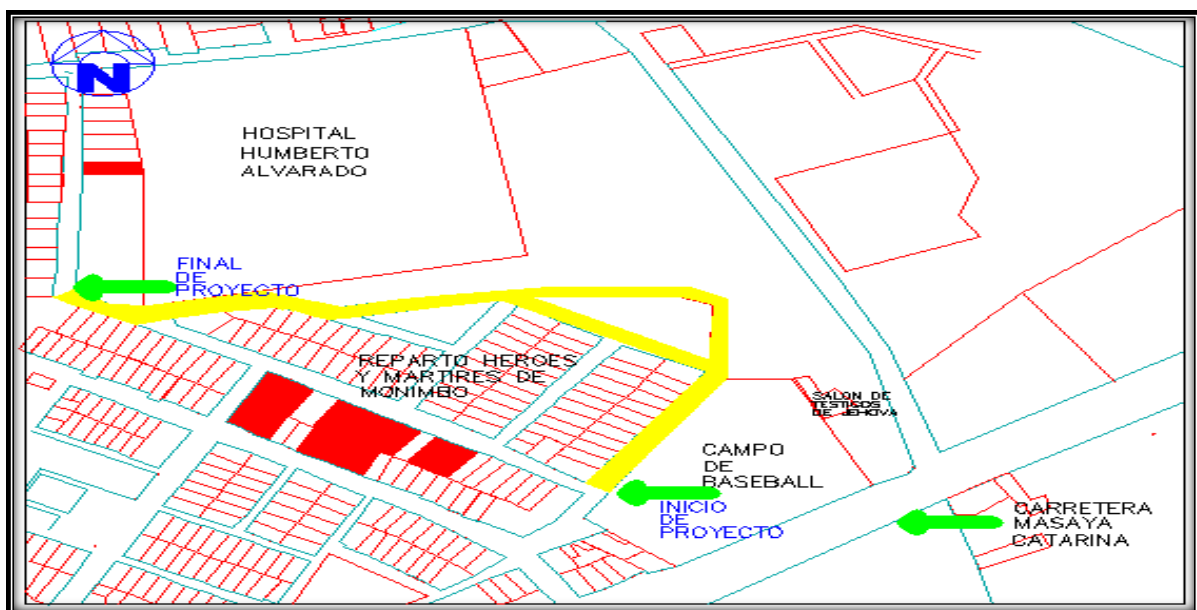
El departamento de Masaya se localiza en la región central del Pacífico, forma un núcleo importante de la zona Metropolitana de la Ciudad de Managua y constituye uno de los ejes principales del País.

El Municipio de Masaya se encuentra situado a 29 km. al sureste de Managua. Está ubicado en las coordenadas 11° 58' de latitud norte y 86° 05' de longitud oeste, con una altitud de 234 msnm.

Tiene una extensión territorial de 590 km², constituyéndose en el departamento con menor territorio a nivel nacional y su cabecera departamental lleva el mismo nombre.

La población departamental es de 324,885 habitantes con una densidad poblacional de 551hab/km².

Figura N° 2: Mapa del Reparto Héroes y Mártires de Monimbó, Masaya.



Fuente: Plan Maestro de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Masaya 2004-2024, Alcaldía de Masaya.

1.3 Antecedentes.

El transporte terrestre por carreteras ha sido el principal medio de traslación de bienes y personas, desde sus orígenes hacia los distintos destinos, ya sean éstos laborales, productivos o los mercados de consumo a nivel interno del país o fuera de las fronteras nacionales.

Este hecho evidencia claramente la importancia estratégica que tiene este sistema de transporte en la economía y sociedad nicaragüense, dada su versatilidad de penetrar hasta los centros de producción, los mercados locales y los principales centros laborales, además por ser el único medio de transporte, que mueve a las grandes mayorías.

De conformidad al inventario realizado en el 2011 la Red Vial Nacional registra 23,647.086 kilómetros, de los cuales 2298.881 km (9.72%) son Asfaltados; 797.537 km (3.37%) Adoquinados; 54.343 km (0.23%) de Concreto Hidráulico; 3650.830 km (15.44%) Revestidos; 9721.277 km (41.11%) Todo Tiempo; 7124.218 km (30.13%) de Estación Seca.¹

Masaya las principales vías de acceso, están conformadas por las vías regionales Managua-Masaya-Granada, Masaya-Tipitapa y la carretera Masaya-Catarina-Diría-Diriomo conocida como ruta a los Pueblos.

La red vial de la ciudad está compuesta por un total de 84,172 metros lineales, de los que el 44.8% son asfaltadas, el 27.5% adoquinadas, el 26% son de tierra y un 3.1% que están encunetadas.²

¹ Red Vial Nicaragua 2011, Ministerio de Transporte e Infraestructura- División Administrativa Vial

² Plan Maestro de Desarrollo Urbano Ciudad de Masaya

Las calles que tienen recubrimiento de asfalto y/o adoquín en términos generales se encuentran en su mayoría en regular estado, encontrándose algunos tramos de calles en buen estado así como también presencia de tramos en mal estado, éstos últimos presentan gran cantidad de baches y en algunos casos, la capa de asfalto ha desaparecido.

En los tramos de calles revestidas con adoquín y que son consideradas en mal estado, se presentan hundimientos de este material en diferentes puntos de los mismos.

Las calles que son de tierra en su mayoría están en mal estado, debido por una parte a la falta de mantenimiento y por otra a la escorrentía de aguas residuales que las hacen prácticamente intransitables.

1.4 Justificación.

Este adoquinado beneficiará directamente a los pobladores que viven aledaños al Hospital "Humberto Alvarado" (Masaya), de manera que se les brinde un sistema de transporte apropiado lo que facilitará una nueva ruta para el transporte de pasajeros; y a la vez evitar las inundaciones de las calles y mucho más importante la inundación del mismo Hospital, el cual se ve afectado en la temporada de invierno ya que se inunda la sala de emergencia, por ende dificulta el trabajo de los médicos.

El diseño del tramo a realizar será con el Método AASTHO 93, para el diseño de estructuras de pavimento flexible. Tradicionalmente las construcciones de carreteras se han ejecutados con asfalto, que es de un costo inicial bajo comparado con el concreto hidráulico, pero que requiere de un adecuado y costoso mantenimiento anual. En cambio el pavimento con adoquines ofrece al dueño de las obras una solución ideal para la pavimentación de caminos rurales y calles a costos mucho menor; ya que además de ser elementos prefabricados con un estricto control de calidad, su colocación puede ser fácilmente controlada, su mantenimiento es muy económico y no requiere de equipos especiales.

Con este esfuerzo pretendemos obtener el Diseño de una Estructura de Pavimento de adoquín para una carretera que cumpla con las características y niveles de servicio necesarias para poder soportar las cargas a las que será sometida constantemente durante su periodo de diseño.

1.5 Objetivos.

1.5.1 Objetivo General:

- ☞ Diseñar la estructura de pavimento de adoquín por el Método de la ASSHTO 93 y el drenaje menor de la calle en el costado sur del Hospital “Humberto Alvarado”, Masaya.

1.5.2 Objetivos Específicos:

- ☞ Analizar el estudio de tránsito para determinar los volúmenes de tránsito necesarios para obtener las cargas que soportará el pavimento.
- ☞ Analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo existente en el tramo, esenciales para el diseño de la estructura de pavimento.
- ☞ Diseñar los Espesores requeridos para la Estructura de Pavimento de adoquín usando el Método ASSHTO 93.
- ☞ Proponer el diseño de obras de drenaje menor sobre el tramo en estudio.

CAPITULO II. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

2.1 Introducción.

Un levantamiento topográfico es una representación gráfica que cumple con todos los requerimientos que necesita un constructor para ubicar un proyecto y materializar una obra en terreno, ya que éste da una representación completa, tanto del terreno en su relieve como en las obras existentes. De ésta manera, el constructor tiene en sus manos una importante herramienta que le será útil para buscar la forma más funcional y económica de ubicar el proyecto.

2.1.1 Planimetría.

La planimetría es aquella rama de la Topografía que se ocupa de la representación planimétrica de la superficie terrestre sobre un plano. Así es que la misma centra su estudio en el conjunto de métodos y procedimientos que tenderán a conseguir la representación a escala de todos aquellos detalles interesantes del terreno en cuestión sobre una superficie plana, exceptuando su relieve y representándose en una proyección horizontal.

2.1.2 Altimetría.

La altimetría es la rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar la altura o "cota" de un punto situado sobre la superficie de la tierra, con respecto a un plano de referencia. Con la altimetría se consigue representar el relieve del terreno, (planos de curvas de nivel, perfiles, etc.).

El Levantamiento Topográfico (Planimetría) se realizó con una Estación Total, Modelo TC 405. Los datos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 1: Resumen de Datos del Levantamiento Topográfico.

Punto N°	X	Y	Z	Hz Angle	V Angle	SlopeDist	Rf Ht	Observación
1	1000.000	1000.000	100.000	000 00'00"				PI-1
2	1071.456	1092.552	99.030	037 40'14"	090 28'28"	116.930	1.600	PI-2
3	1002.292	1009.471	99.827	013 36'24"	090 59'57"	9.746	1.600	Bordillo de Cuneta-Final Adoquinado
4	1007.772	1005.822	99.911	053 09'46"	090 30'26"	9.711	1.600	Bordillo de Cuneta-Final Adoquinado
5	1004.926	1007.687	99.900	032 38'58"	090 36'27"	9.131	1.600	Línea Central-Final Adoq existente
6	1010.448	1004.059	99.866	068 46'03"	090 40'07"	11.209	1.600	Terreno Natural
7	1000.184	1010.710	99.777	000 59'06"	091 10'34"	10.714	1.600	Terreno Natural
8	999.214	1011.425	99.815	356 03'59"	090 54'37"	11.453	1.600	Línea de Propiedad
9	1001.014	1007.709	99.863	007 29'34"	090 59'11"	7.776	1.600	Curva de Cuneta d Adoqexistent
10	990.296	1001.751	99.711	280 13'33"	091 39'50"	9.865	1.600	Curva de Cuneta d Adoqexistent
11	998.564	1006.229	99.836	347 01'20"	091 26'20"	6.394	1.600	Curva de Cuneta d Adoqexistent
12	996.686	1006.089	99.802	331 26'33"	091 36'30"	6.936	1.600	Curva de Cuneta d Adoqexistent
13	992.013	999.792	99.786	268 30'17"	091 30'49"	7.992	1.600	Curva de Cuneta d Adoqexistent
14	994.721	1006.871	99.734	322 27'58"	091 44'29"	8.668	1.600	Curva de Cuneta d Adoqexistent
15	992.854	997.260	99.849	249 01'15"	091 06'40"	7.655	1.600	Curva de Cuneta d Adoqexistent
16	992.302	994.306	99.949	233 30'39"	090 17'09"	9.575	1.600	Curva de Cuneta d Adoqexistent
17	997.090	1007.482	99.862	338 44'43"	090 57'55"	8.029	1.600	Terreno Natural
18	996.633	1009.301	99.852	340 06'09"	090 50'21"	9.893	1.600	Línea de Propiedad
19	991.298	996.272	100.003	246 48'37"	089 57'43"	9.467	1.600	Línea de Propiedad
20	982.745	1017.571	99.605	315 31'08"	090 54'41"	24.63	1.600	Bordillo de Cuneta-Final Adoquinado
21	978.277	1012.618	99.576	300 09'01"	090 57'40"	25.125	1.600	Bordillo de Cuneta-Final Adoquinado
22	983.981	1018.431	99.790	319 00'21"	090 29'09"	24.421	1.600	Terreno Natural
23	976.342	1010.839	99.793	294 36'53"	090 27'00"	26.024	1.600	Línea de Propiedad-AdoqOest
24	980.173	1015.394	99.672	307 49'37"	090 44'33"	25.104	1.600	Línea Central-AdoqOest
25	992.404	1004.398	99.775	300 04'18"	091 26'49"	8.780	1.600	Línea Central-AdoqOest
26	984.369	1019.230	99.727	320 53'40"	093 23'40"	24.825	0.400	Línea de Propiedad
27	994.791	991.924	100.039	212 49'16"	089 44'58"	9.610	1.600	Línea Central-Adoq Sur
28	997.558	990.215	99.964	194 00'40"	090 11'12"	10.085	1.600	Bordillo de Cuneta-Adoq Sur
29	1001.572	987.049	100.060	173 04'50"	089 43'20"	13.046	1.600	Terreno Natural
30	988.743	982.380	100.110	212 34'22"	089 41'21"	20.909	1.600	Línea Central-Adoq Sur
31	991.609	980.559	100.000	203 20'41"	089 59'32"	21.175	1.600	Bordillo de Cuneta
32	986.038	984.377	100.034	221 47'16"	089 53'56"	20.953	1.600	Bordillo de Cuneta
33	994.485	978.890	100.447	194 38'26"	088 49'11"	21.823	1.600	Terreno Natural
34	984.970	985.175	100.309	225 23'41"	089 09'10"	21.113	1.600	Terreno Natural

35	984.315	985.707	100.314	227 39'30"	089 08'39"	21.223	1.600	Línea de Propiedad
36	990.373	1000.849	99.902	275 02'28"	090 33'41"	9.664	1.600	Poste eléctrico d aluminio
37	1014.363	1021.804	99.606	033 22'27"	090 51'32"	26.112	1.600	Línea Central-calle a diseñar
38	1016.082	1020.909	99.495	037 33'57"	091 05'29"	26.384	1.600	Terreno Natural
39	1011.958	1023.426	99.489	027 02'33"	091 06'23"	26.307	1.600	Terreno Natural
40	1017.465	1019.955	99.681	041 11'39"	090 40'59"	26.520	1.600	Terreno Natural
41	1011.180	1024.284	99.377	024 43'15"	091 19'42"	26.741	1.600	Terreno Natural
42	1009.830	1024.577	99.688	021 48'00"	090 40'11"	26.472	1.600	Terreno Natural
43	1020.613	1017.868	99.705	049 04'46"	090 36'49"	27.281	1.600	Terreno Natural
44	1023.208	1015.959	99.711	055 29'10"	090 34'54"	28.167	1.600	Terreno Natural
45	1009.696	1025.683	99.701	020 40'55"	090 37'06"	27.454	1.600	Línea de Propiedad
46	1021.965	1032.312	99.423	034 12'23"	090 50'32"	39.075	1.600	Línea Central
47	1020.208	1033.587	99.312	031 02'01"	091 00'03"	39.203	1.600	Terreno Natural
48	1023.690	1030.760	99.305	037 36'06"	091 01'18"	38.831	1.600	Terreno Natural
49	1019.040	1034.579	99.183	028 50'17"	091 10'55"	39.483	1.600	Terreno Natural
50	1018.001	1035.820	99.283	026 40'53"	091 01'12"	40.095	1.600	Línea de Propiedad
51	1025.736	1029.237	99.603	041 21'23"	090 34'47"	38.952	1.600	Terreno Natural
52	1027.428	1028.031	99.547	044 22'36"	090 39'26"	39.220	1.600	Terreno Natural
53	1030.185	1025.981	99.522	049 16'52"	090 40'59"	39.829	1.600	Terreno Natural
54	1027.440	1030.383	99.736	042 05'10"	090 21'54"	40.941	1.600	Árbol
55	1023.750	1027.538	99.669	040 46'34"	090 31'01"	36.367	1.600	Árbol
56	1015.793	1015.682	99.827	045 12'03"	090 26'20"	22.257	1.600	Árbol
57	1020.609	1038.162	99.212	028 22'14"	091 02'13"	43.379	1.600	Poste eléctrico
58	1018.233	1022.008	99.632	039 38'24"	090 43'55"	28.582	1.600	Poste telefónico
59	1001.908	996.796	99.904	149 13'44"	091 25'16"	3.730	1.600	Bordillo de Cuneta-Est. 1
60	1005.574	994.497	100.03	134 38'12"	089 45'24"	7.833	1.600	Terreno Natural
61	1008.819	991.172	100.052	135 01'48"	089 44'44"	12.479	1.600	Terreno Natural
62	996.777	1001.487	99.852	294 46'18"	092 20'05"	3.553	1.600	Vado de Adoq Oeste
63	997.250	1001.349	99.891	296 07'26"	091 58'54"	3.065	1.600	Vado de Adoq Oeste
64	996.613	1001.855	99.861	298 42'34"	092 00'58"	3.864	1.600	Vado de Adoq Oeste
65	993.704	996.630	99.882	241 50'35"	090 55'09"	7.142	1.600	Vado de Adoq Oeste
66	994.164	996.269	99.922	237 24'29"	090 37'26"	6.927	1.600	Vado de Adoq Oeste
67	993.300	996.960	99.855	245 35'47"	091 06'21"	7.358	1.600	Vado de Adoq Oeste
68	999.953	1006.083	99.842	359 33'14"	091 27'30"	6.085	1.600	Vado de Adoq Oeste
69	1000.382	1006.006	99.865	003 38'33"	091 15'20"	6.020	1.600	Vado de Adoq Oeste
70	999.727	1006.456	99.830	357 34'47"	091 28'58"	6.464	1.600	Vado de Adoq Oeste
71	999.990	999.984	99.990	217 40'11"	089 31'16"	116.949	1.600	Borrar
72	999.990	999.985	99.989	217 40'12"	089 31'19"	116.948	1.600	Borrar
73	999.985	999.981	99.986	217 40'14"	089 31'23"	116.955	1.600	Borrar
74	999.991	999.986	99.996	217 40'11"	089 31'06"	116.947	1.600	Borrar
75	999.987	999.998	99.998	217 40'30"	089 31'02"	116.940	1.600	Comprobación PI-1

76	1070.588	1151.633	98.951	359 09'30"	090 03'34"	59.087	1.600	PI-3
77	1034.876	1048.936	99.132	219 59'10"	089 52'46"	56.925	1.600	Línea Central
78	1036.405	1048.078	99.233	218 14'35"	089 46'35"	56.626	1.600	Terreno Natural
79	1032.599	1051.043	99.064	223 06'38"	089 56'50"	56.858	1.600	Terreno Natural
80	1031.747	1051.493	99.159	224 02'34"	089 51'09"	57.120	1.600	Terreno Natural
81	1037.082	1046.823	99.073	216 55'57"	089 56'20"	57.208	1.600	Terreno Natural
82	1041.540	1044.671	99.419	211 59'50"	089 35'14"	56.460	1.600	Terreno Natural
83	1030.623	1052.164	99.176	225 18'52"	089 50'12"	57.433	1.600	Línea de Propiedad
84	1046.670	1063.178	99.062	220 09'32"	089 55'32"	38.434	1.600	Línea Central
85	1049.149	1060.862	99.043	215 08'34"	089 57'17"	38.753	1.600	Terreno Natural
86	1044.322	1064.744	98.962	224 17'52"	090 04'27"	38.852	1.600	Terreno Natural
87	1050.696	1059.535	99.160	212 09'38"	089 46'55"	39.002	1.600	Terreno Natural
88	1058.486	1051.837	99.347	197 40'13"	089 33'01"	42.732	1.600	Terreno Natural
89	1041.425	1065.006	99.164	227 28'17"	091 28'22"	40.764	0.400	Línea de Propiedad
90	1057.424	1076.269	98.981	220 45'16"	090 04'56"	21.495	1.600	Línea Central
91	1055.536	1077.770	98.900	227 07'23"	090 17'43"	21.725	1.600	Terreno Natural
92	1060.045	1074.744	99.044	212 39'03"	089 54'46"	21.150	1.600	Terreno Natural
93	1054.027	1078.531	98.913	231 11'05"	090 15'12"	22.369	1.600	Terreno Natural
94	1062.111	1073.039	99.160	205 35'31"	089 36'31"	21.636	1.600	Terreno Natural
95	1065.681	1069.490	99.229	194 03'29"	089 28'40"	23.775	1.600	Terreno Natural
96	1052.845	1079.116	99.122	234 10'24"	089 43'26"	22.955	1.600	Línea de Propiedad
97	1065.655	1073.654	99.148	197 03'57"	089 36'16"	19.769	1.600	Árbol
98	1061.829	1068.825	99.332	202 05'08"	089 17'04"	25.608	1.600	Árbol
99	1053.821	1062.659	99.253	210 32'19"	089 36'09"	34.707	1.600	Árbol
100	1049.844	1059.958	99.013	213 32'50"	089 59'51"	39.108	1.600	Poste telefónico
101	1046.308	1070.296	99.202	228 29'27"	091 43'23"	33.597	0.400	Poste eléctrico
102	1067.607	1090.673	98.990	243 59'24"	090 17'47"	4.283	1.600	Línea Central
103	1064.161	1092.804	98.791	271 58'44"	091 44'03"	7.303	1.600	Terreno Natural
104	1069.941	1089.664	99.020	207 41'02"	089 51'28"	3.261	1.600	Terreno Natural
105	1063.805	1092.816	99.004	271 58'42"	090 03'29"	7.656	1.600	Línea de Propiedad
106	1072.297	1088.336	99.056	168 43'30"	089 24'19"	4.298	1.600	Terreno Natural
107	1074.847	1084.996	99.116	155 49'51"	089 16'50"	8.282	1.600	Terreno Natural
108	1065.309	1097.512	98.949	308 54'06"	090 27'08"	7.899	1.600	Línea Central
109	1065.432	1101.294	98.937	325 25'47"	090 24'07"	10.617	1.600	Terreno Natural
110	1064.396	1094.516	98.983	285 32'52"	090 13'31"	7.328	1.600	Terreno Natural
111	1065.059	1102.861	99.195	328 10'48"	089 08'02"	12.134	1.600	Línea de Propiedad
112	1048.556	1106.867	98.961	302 00'39"	090 06'27"	27.007	1.600	Línea Central
113	1047.243	1105.039	98.896	297 16'54"	090 14'38"	27.243	1.600	Terreno Natural
114	1049.740	1108.843	98.928	306 52'37"	090 10'35"	27.148	1.600	Terreno Natural
115	1050.058	1109.455	99.047	308 18'24"	089 55'34"	27.269	1.600	Línea de Propiedad
116	1039.063	1108.626	99.182	296 23'32"	090 40'51"	36.165	1.600	Línea de Propiedad

117	1035.841	1115.100	98.919	302 20'18"	090 07'37"	42.153	1.600	Línea Central
118	1034.276	1112.691	98.854	298 26'36"	090 12'51"	42.284	1.600	Terreno Natural
119	1037.196	1117.435	98.952	305 59'29"	090 04'50"	42.343	1.600	Terreno Natural
120	1037.769	1118.672	99.238	307 47'21"	089 41'48"	42.628	1.600	Línea de Propiedad
121	1033.553	1111.856	99.207	296 59'26"	090 56'56"	42.542	0.700	Línea de Propiedad
122	1020.598	1124.289	98.867	301 57'57"	090 08'19"	59.949	1.600	PI-Auxiliar
123	1070.531	1101.387	99.009	354 01'09"	090 01'02"	8.884	1.600	Línea Central
124	1067.093	1102.215	98.954	335 41'54"	090 18'39"	10.603	1.600	Terreno Natural
125	1073.379	1100.287	99.022	013 57'28"	089 55'28"	7.970	1.600	Terreno Natural
126	1074.824	1099.923	99.249	024 33'08"	088 19'13"	8.108	1.600	Terreno Natural
127	1074.417	1102.112	99.105	017 12'22"	089 28'05"	10.009	1.600	Poste telefónico
128	1075.103	1106.260	99.013	014 53'54"	089 59'47"	14.185	1.600	Poste eléctrico
129	1072.415	1119.712	99.051	002 01'20"	089 55'05"	27.177	1.600	Línea Central
130	1069.056	1120.211	98.974	355 02'24"	090 04'38"	27.764	1.600	Terreno Natural
131	1074.934	1119.431	99.067	007 22'22"	089 52'58"	27.104	1.600	Terreno Natural
132	1066.979	1120.147	99.122	350 47'05"	089 46'27"	27.956	1.600	Línea de Propiedad
133	1076.943	1119.292	99.060	011 35'46"	089 53'57"	27.297	1.600	Línea de Propiedad
134	1074.236	1095.746	99.079	041 01'46"	089 05'33"	4.234	1.600	Árbol
135	1083.620	1094.690	99.096	080 01'48"	089 36'31"	12.350	1.600	Línea de Propiedad
136	1081.152	1087.295	99.299	118 27'47"	088 30'32"	11.032	1.600	Terreno Natural
137	1065.095	1065.622	99.247	193 17'24"	089 30'47"	27.672	1.600	Base de campo de Baseball
138	1070.139	1069.117	99.364	183 12'58"	089 08'28"	23.474	1.600	Base de campo de Baseball
139	1076.188	1068.884	99.240	168 41'43"	089 27'32"	24.137	1.600	Base de campo de Baseball
140	1078.667	1066.951	99.253	164 16'12"	089 28'47"	26.598	1.600	Base de campo de Baseball
141	1071.456	1092.554	99.038	179 09'30"	089 53'12"	59.085	1.600	Comprobación PI-2
142	970.201	1160.755	98.702	275 11'32"	090 07'29"	100.801	1.600	PI-4
143	1073.617	1139.096	99.053	166 25'06"	089 24'45"	12.898	1.600	Línea Central
144	1070.421	1139.102	98.832	180 45'50"	090 24'23"	12.532	1.600	Terreno Natural
145	1076.133	1139.19	98.997	155 58'49"	089 40'49"	13.623	1.600	Terreno Natural
146	1067.417	1138.853	98.963	193 56'11"	089 48'56"	13.168	1.600	Línea de Propiedad
147	1078.678	1138.824	99.153	147 43'25"	089 07'13"	15.152	1.600	Línea de Propiedad
148	1072.057	1147.328	99.034	161 09'19"	088 34'23"	4.550	1.600	Línea Central
149	1074.014	1148.676	98.976	130 47'53"	089 17'40"	4.526	1.600	Terreno Natural
150	1069.402	1146.194	98.790	192 18'17"	091 20'45"	5.568	1.600	Terreno Natural
151	1075.914	1149.815	99.028	108 50'54"	088 54'34"	5.629	1.600	Terreno Natural
152	1078.884	1155.351	98.675	065 51'31"	091 33'03"	9.094	1.600	Línea de Propiedad
153	1066.586	1145.623	99.143	213 39'42"	088 14'18"	7.224	1.600	Línea de Propiedad
154	1067.002	1152.932	98.865	289 55'14"	090 50'07"	3.815	1.600	Línea Central
155	1067.608	1154.302	98.885	311 50'43"	090 30'20"	4.001	1.600	Terreno Natural
156	1066.222	1150.177	98.781	251 33'35"	091 44'25"	4.605	1.600	Terreno Natural
157	1068.018	1156.36	98.848	331 28'01"	090 46'10"	5.381	1.600	Poste telefónico

158	1069.166	1156.487	98.926	343 40'06"	089 56'11"	5.058	1.600	Línea de Propiedad
159	1065.420	1149.006	98.975	243 03'30"	089 27'33"	5.798	1.600	Línea de Propiedad
160	1066.360	1147.932	98.949	228 48'39"	089 42'37"	5.619	1.600	Línea de Propiedad
161	1059.615	1153.725	98.819	280 47'37"	090 31'13"	11.171	1.600	Línea Central
162	1060.098	1156.033	98.775	292 45'22"	090 44'05"	11.377	1.600	Terreno Natural
163	1058.840	1151.325	98.744	268 29'53"	090 51'39"	11.754	1.600	Terreno Natural
164	1060.237	1157.712	98.726	300 25'29"	090 55'45"	12.005	1.600	Línea de Propiedad
165	1058.391	1149.855	98.919	261 42'34"	090 00'31"	12.326	1.600	Línea de Propiedad
166	1049.956	1157.658	98.787	286 16'51"	090 21'21"	21.494	1.600	Poste eléctrico
167	1077.723	1147.866	99.256	117 50'02"	087 37'26"	8.075	1.600	Poste eléctrico
168	1058.138	1153.912	98.805	280 22'33"	090 31'27"	12.658	1.600	Línea Central
169	1058.019	1151.539	98.737	269 34'22"	090 50'12"	12.571	1.600	Terreno Natural
170	1058.298	1156.199	98.735	290 22'58"	090 48'47"	13.112	1.600	Terreno Natural
171	1057.512	1149.985	98.983	262 49'11"	089 43'42"	13.180	1.600	Línea de Propiedad
172	1058.377	1158.006	98.675	297 33'38"	091 01'21"	13.776	1.600	Línea de Propiedad
173	1041.285	1155.127	98.826	276 47'59"	090 11'04"	29.511	1.600	Línea Central
174	1041.305	1152.975	98.724	272 37'29"	090 23'06"	29.315	1.600	Terreno Natural
175	1041.211	1157.181	98.844	280 41'40"	090 08'48"	29.896	1.600	Terreno Natural
176	1041.198	1159.387	98.858	284 46'51"	090 07'05"	30.396	1.600	Línea de Propiedad
177	1042.769	1151.334	98.770	269 23'04"	090 18'35"	27.822	1.600	Línea de Propiedad
178	1022.420	1156.033	98.775	275 13'12"	090 10'24"	48.369	1.600	Línea Central
179	1022.596	1154.108	98.709	272 57'08"	090 15'08"	48.056	1.600	Terreno Natural
180	1022.459	1157.773	98.803	277 16'12"	090 08'22"	48.519	1.600	Terreno Natural
181	1024.399	1158.757	98.939	278 46'05"	090 42'48"	46.739	1.600	Línea de Propiedad
182	1022.364	1152.921	98.948	271 31'47"	090 40'49"	48.245	1.600	Línea de Propiedad
183	1019.980	1158.849	98.942	278 06'53"	089 58'34"	51.120	1.600	Poste eléctrico
184	970.200	1261.548	98.997	000 00'00"	089 49'12"	100.794	1.600	Poste eléctrico
185	1070.582	1151.633	98.999	095 11'32"	089 49'09"	100.796	1.600	Borrar
186	1070.582	1151.634	98.985	095 11'29"	089 49'37"	100.796	1.600	Comprobación PI-3
187	878.986	1157.118	98.454	267 43'01"	090 08'32"	91.287	1.600	PI-5
188	1006.483	1157.799	98.755	094 39'25"	089 52'56"	36.403	1.600	Línea Central
189	1006.249	1155.902	98.705	097 40'04"	089 57'37"	36.373	1.600	Terreno Natural
190	1006.525	1159.438	98.776	092 04'33"	089 50'54"	36.348	1.600	Terreno Natural
191	1006.501	1160.687	98.808	090 06'23"	091 41'28"	36.317	0.400	Línea de Propiedad
192	998.229	1155.781	98.845	100 03'44"	091 28'41"	28.475	0.700	Línea de Propiedad
193	984.020	1160.485	98.775	091 07'01"	089 36'22"	13.822	1.600	Línea Central
194	983.806	1158.374	98.713	099 55'27"	089 51'51"	13.812	1.600	Terreno Natural
195	984.054	1162.303	98.736	083 37'26"	089 46'10"	13.940	1.600	Terreno Natural
196	984.313	1163.586	98.916	078 39'21"	089 03'34"	14.396	1.600	Línea de Propiedad
197	983.417	1157.427	98.954	104 08'05"	088 50'56"	13.631	1.600	Línea de Propiedad
198	1042.716	1150.916	98.789	097 43'37"	089 54'53"	73.179	1.600	Línea de Propiedad-Interior

199	974.650	1154.397	98.760	145 01'08"	089 24'29"	7.760	1.600	Línea de Propiedad
200	980.858	1152.963	98.574	126 10'20"	090 27'33"	13.202	1.600	Línea Central
201	979.412	1151.405	98.731	135 25'44"	089 46'33"	13.125	1.600	Terreno Natural
202	978.952	1150.637	98.850	139 08'32"	089 16'10"	13.378	1.600	Línea de Propiedad
203	982.353	1154.086	98.675	118 45'30"	090 01'20"	13.862	1.600	Terreno Natural
204	982.811	1154.506	98.902	116 21'43"	089 05'46"	14.075	1.600	Línea de Propiedad
205	996.225	1141.696	98.739	126 12'59"	089 53'40"	32.257	1.600	Línea Central
206	997.586	1143.238	98.735	122 36'15"	089 54'13"	32.508	1.600	Terreno Natural
207	995.231	1140.354	98.739	129 10'54"	089 53'45"	32.292	1.600	Terreno Natural
208	998.121	1143.768	98.814	121 18'59"	089 45'51"	32.681	1.600	Terreno Natural
209	997.486	1145.456	99.087	119 16'49"	090 54'07"	31.285	0.700	Línea de Propiedad
210	994.867	1139.173	99.073	131 11'01"	087 44'24"	32.801	2.500	Línea de Propiedad
211	968.893	1156.154	98.745	195 51'53"	089 13'05"	4.783	1.600	Línea Central
212	971.322	1154.764	98.708	169 23'47"	089 44'25"	6.095	1.600	Terreno Natural
213	965.941	1156.741	98.726	226 42'10"	089 33'03"	5.853	1.600	Terreno Natural
214	963.518	1156.821	98.884	239 31'01"	088 29'24"	7.758	1.600	Línea de Propiedad
215	957.099	1140.716	98.983	213 10'37"	089 16'29"	23.944	1.600	Línea Central
216	955.342	1142.256	98.826	218 46'19"	089 38'51"	23.728	1.600	Terreno Natural
217	959.072	1139.332	98.867	207 27'01"	089 33'18"	24.142	1.600	Terreno Natural
218	960.658	1137.544	98.888	202 21'00"	089 31'28"	25.097	1.600	Línea de Propiedad
219	954.119	1143.669	98.971	223 15'58"	089 17'18"	23.466	1.600	Línea de Propiedad
220	940.402	1119.317	99.079	215 43'12"	089 33'08"	51.041	1.600	Línea Central
221	938.449	1120.712	98.983	218 24'44"	089 39'37"	51.105	1.600	Terreno Natural
222	942.052	1118.133	98.981	213 26'31"	089 39'46"	51.079	1.600	Terreno Natural
223	943.829	1116.444	99.045	210 45'33"	089 35'42"	51.566	1.600	Línea de Propiedad
224	938.486	1124.679	98.429	221 19'10"	090 17'57"	48.035	1.600	Línea de Propiedad
225	970.414	1163.347	98.778	004 42'47"	087 49'53"	2.603	1.600	Poste eléctrico
226	977.004	1159.263	98.723	102 21'58"	089 38'53"	6.965	1.600	Terreno Natural
227	976.303	1162.955	98.804	070 10'30"	088 54'24"	6.488	1.600	Terreno Natural
228	976.360	1164.857	98.781	056 20'19"	089 13'10"	7.401	1.600	Línea de Propiedad
229	962.937	1160.992	98.679	271 52'26"	090 00'24"	7.268	1.600	Línea Central
230	962.617	1158.327	98.690	252 14'52"	089 55'50"	7.963	1.600	Terreno Natural
231	962.851	1163.257	98.646	288 48'07"	090 15'07"	7.764	1.600	Terreno Natural
232	963.078	1165.531	98.781	303 50'45"	089 19'37"	8.576	1.600	Línea de Propiedad
233	944.529	1161.318	98.621	271 15'25"	090 07'56"	25.678	1.600	Línea Central
234	944.339	1163.744	98.585	276 35'35"	090 12'34"	26.035	1.600	Terreno Natural
235	944.606	1159.302	98.601	266 45'04"	090 10'33"	25.636	1.600	Terreno Natural
236	944.178	1165.165	99.008	279 37'06"	091 14'26"	26.400	0.700	Línea de Propiedad
237	944.505	1158.063	98.810	264 01'10"	091 42'22"	25.848	0.700	Línea de Propiedad
238	926.837	1160.575	98.595	269 45'45"	090 06'44"	43.364	1.600	Línea Central
239	926.664	1158.470	98.633	266 59'47"	090 03'44"	43.597	1.600	Terreno Natural

240	926.608	1162.804	98.542	272 41'28"	090 10'51"	43.641	1.600	Terreno Natural
241	926.555	1164.327	98.768	274 40'44"	089 53'04"	43.791	1.600	Línea de Propiedad
242	926.274	1157.046	98.710	265 10'24"	089 57'40"	44.083	1.600	Línea de Propiedad
243	927.669	1163.328	98.770	273 27'42"	089 52'43"	42.610	1.600	Poste eléctrico
244	970.196	1160.755	98.699	087 43'01"	089 51'21"	91.283	1.600	Comprobación PI-4
245	948.949	1158.557	98.823	088 49'20"	089 42'38"	69.978	1.600	Línea de Propiedad
246	908.649	1159.409	98.566	085 35'02"	089 48'44"	29.752	1.600	Línea Central
247	908.259	1156.435	98.976	091 20'13"	089 00'30"	29.286	1.600	Línea de Propiedad
248	908.343	1162.005	98.614	080 32'59"	089 43'14"	29.761	1.600	Terreno Natural
249	908.338	1157.376	98.475	089 29'46"	089 59'20"	29.353	1.600	Terreno Natural
250	908.232	1162.767	98.780	079 04'08"	089 24'04"	29.788	1.600	Línea de Propiedad
251	908.388	1156.438	98.798	091 19'30"	089 21'33"	29.412	1.600	Pila
252	908.334	1156.759	98.700	090 42'05"	089 32'56"	29.352	1.600	Pila
253	907.663	1156.767	98.577	090 42'05"	089 47'06"	28.679	1.600	Pila
254	907.668	1156.468	98.555	091 17'55"	089 49'44"	28.689	1.600	Pila
255	893.986	1158.478	98.502	084 49'18"	089 52'28"	15.062	1.600	Línea Central
256	894.346	1156.400	98.414	092 40'37"	090 12'10"	15.377	1.600	Terreno Natural
257	893.694	1160.178	98.501	078 14'50"	089 52'34"	15.023	1.600	Terreno Natural
258	894.341	1155.623	98.746	095 33'42"	088 58'21"	15.430	1.600	Línea de Propiedad
259	893.658	1161.195	98.742	074 28'19"	093 29'03"	15.256	0.400	Línea de Propiedad
260	893.361	1150.889	98.834	113 25'42"	088 39'57"	15.671	1.600	Línea de Propiedad
261	891.770	1148.011	98.631	125 28'00"	089 24'27"	15.697	1.600	Línea Central
262	892.745	1149.547	98.544	118 49'25"	089 43'29"	15.705	1.600	Terreno Natural
263	891.126	1146.813	98.710	130 19'36"	089 08'03"	15.926	1.600	Terreno Natural
264	890.646	1145.754	98.918	134 15'53"	088 25'11"	16.288	1.600	Línea de Propiedad
265	905.669	1139.700	98.799	123 08'10"	089 24'21"	31.867	1.600	Línea Central
266	906.595	1141.102	98.710	120 07'08"	089 33'59"	31.919	1.600	Terreno Natural
267	904.962	1138.539	98.824	125 34'28"	089 21'49"	31.938	1.600	Terreno Natural
268	907.051	1141.833	98.851	118 34'27"	089 18'55"	31.959	1.600	Terreno Natural
269	904.262	1137.495	98.986	127 49'26"	089 04'28"	32.003	1.600	Línea de Propiedad
270	907.524	1142.640	99.004	116 54'02"	089 02'30"	32.005	1.600	Línea de Propiedad
271	903.130	1145.222	98.983	116 13'49"	088 54'19"	26.920	1.600	Pila
272	902.740	1144.613	98.927	117 45'54"	089 01'19"	26.849	1.600	Pila
273	902.066	1145.074	98.857	117 33'30"	088 42'24"	26.040	1.600	Pila
274	902.356	1145.667	98.972	116 06'15"	088 27'09"	26.034	1.600	Pila
275	905.610	1137.393	98.926	126 32'03"	089 12'38"	33.138	1.600	Poste eléctrico
276	885.069	1155.391	98.474	105 51'10"	089 57'17"	6.324	1.600	Terreno Natural
277	884.192	1153.772	98.497	122 44'10"	089 44'32"	6.189	1.600	Terreno Natural
278	886.098	1158.541	98.472	078 41'18"	089 58'43"	7.253	1.600	Terreno Natural
279	882.700	1151.744	98.652	145 21'12"	088 23'49"	6.536	1.600	Terreno Natural
280	886.122	1160.672	98.587	063 31'28"	089 09'07"	7.973	1.600	Línea de Propiedad

281	882.520	1150.686	98.881	151 12'55"	086 47'01"	7.351	1.600	Línea de Propiedad
282	855.585	1171.758	98.777	302 01'44"	089 21'40"	27.605	1.600	PI-6
283	878.992	1157.115	98.452	122 01'42"	090 33'15"	27.611	1.600	Comprobación PI-5
284	878.219	1153.916	98.641	128 14'49"	090 09'14"	28.821	1.600	Poste eléctrico
285	878.580	1161.255	98.437	114 32'49"	090 38'21"	25.282	1.600	Línea de Propiedad
286	858.928	1167.373	98.298	142 40'14"	094 21'42"	5.530	1.600	Línea Central
287	859.885	1169.418	98.268	118 33'05"	095 15'43"	4.916	1.600	Terreno Natural
288	857.698	1165.430	98.363	161 31'43"	093 02'52"	6.681	1.600	Línea de Propiedad
289	860.316	1170.065	98.669	109 41'14"	090 34'05"	5.025	1.600	Línea de Propiedad
290	854.676	1168.368	98.307	195 00'43"	096 41'13"	3.534	1.600	Línea Central
291	855.052	1170.395	98.194	201 20'01"	109 44'02"	1.554	1.600	Terreno Natural
292	854.316	1166.708	98.329	194 06'00"	094 17'01"	5.221	1.600	Terreno Natural
293	853.735	1165.757	98.800	197 08'01"	089 15'21"	6.279	1.600	Línea de Propiedad
294	854.223	1171.370	98.739	254 07'26"	089 11'12"	1.415	1.600	Terreno Natural
295	854.066	1172.644	98.878	300 15'58"	084 48'47"	1.765	1.600	Línea de Propiedad
296	853.301	1171.752	98.803	269 51'58"	087 53'30"	2.285	1.600	Poste eléctrico
297	855.475	1172.409	98.840	350 29'04"	079 36'05"	0.672	1.600	Línea de Propiedad
298	836.060	1168.189	98.201	259 38'34"	091 29'41"	19.855	1.600	Línea Central
299	835.936	1166.851	98.309	255 58'47"	091 09'31"	20.256	1.600	Terreno Natural
300	835.966	1169.921	98.111	264 39'07"	091 45'59"	19.714	1.600	Terreno Natural
301	835.843	1166.403	98.851	254 49'33"	089 37'48"	20.455	1.600	Línea de Propiedad
302	820.859	1167.235	98.095	262 34'49"	091 01'15"	35.024	1.600	Línea Central
303	824.327	1166.443	98.340	260 21'02"	090 41'06"	31.708	1.600	Árbol Ceibón
304	790.230	1162.987	97.781	262 21'25"	090 50'25"	65.948	1.600	PI-7
305	855.592	1171.76	98.781	082 21'21"	089 06'58"	65.957	1.600	Borrar
306	855.590	1171.757	98.781	082 21'30"	089 06'56"	65.953	1.600	Comprobación PI-6
307	835.503	1170.448	98.750	080 38'30"	088 46'02"	45.895	1.600	Línea de Propiedad
308	821.359	1165.952	98.279	084 33'37"	090 42'14"	31.272	0.700	Línea de Propiedad
309	820.939	1168.858	98.289	079 10'40"	089 02'12"	31.270	1.600	Línea de Propiedad
310	821.167	1167.32	98.104	082 01'40"	089 22'30"	31.241	1.600	Línea Central
311	802.891	1164.829	97.978	081 43'21"	089 02'07"	12.796	1.600	Línea Central
312	803.123	1163.473	98.033	087 50'34"	088 48'02"	12.906	1.600	Línea de Propiedad
313	802.853	1166.826	98.065	073 05'12"	088 41'19"	13.197	1.600	Línea de Propiedad
314	800.821	1157.533	98.236	117 14'53"	087 43'25"	11.923	1.600	Línea de Propiedad
315	799.115	1166.117	97.902	070 35'48"	096 25'19"	9.480	0.400	Poste eléctrico detrás hospital
316	800.151	1156.707	98.103	122 20'10"	088 20'21"	11.747	1.600	Poste telefónico
317	796.310	1160.435	97.958	112 46'09"	088 18'11"	6.597	1.600	Terreno Natural
318	793.814	1164.133	97.864	072 16'37"	088 27'18"	3.764	1.600	Línea Central
319	794.036	1162.318	97.851	099 58'31"	088 41'21"	3.865	1.600	Bordillo de Final Adoq
320	793.679	1165.992	97.832	048 56'16"	089 07'53"	4.575	1.600	Bordillo de Final Adoq
321	794.039	1166.438	97.958	047 49'21"	087 49'31"	5.144	1.600	Línea de Propiedad

322	787.815	1165.372	97.735	314 39'00"	090 28'30"	3.394	1.600	Curva de Cuneta
323	785.174	1165.984	97.702	300 39'17"	090 35'39"	5.878	1.600	Curva de Cuneta
324	855.355	1172.808	98.955	081 25'30"	088 57'48"	65.872	1.600	Inicio de hospital costado sur
325	793.336	1162.172	97.820	104 42'43"	088 58'27"	3.212	1.600	Curva de Cuneta
326	792.871	1161.812	97.813	113 58'59"	089 00'29"	2.891	1.600	Curva de Cuneta
327	792.857	1160.444	97.794	134 04'08"	089 30'23"	3.657	1.600	Curva de Cuneta
328	790.992	1157.62	97.858	171 54'50"	088 59'51"	5.423	1.600	Línea Central
329	791.329	1166.607	97.888	016 53'14"	088 06'00"	3.785	1.600	Línea de Propiedad
330	789.35	1167.19	97.831	348 10'26"	089 05'42"	4.294	1.600	Línea de Propiedad
331	786.262	1168.123	97.804	322 18'31"	089 38'04"	6.490	1.600	Línea de Propiedad
332	789.100	1154.871	97.793	187 55'26"	089 47'09"	8.194	1.600	Línea de Propiedad
333	788.374	1153.797	98.160	191 24'55"	087 34'27"	9.384	1.600	Borrar
334	790.790	1153.348	97.959	176 40'32"	088 50'07"	9.658	1.600	Borrar
335	808.738	1145.155	98.216	133 56'04"	088 59'23"	25.705	1.600	Borrar
336	810.710	1147.911	98.128	126 21'29"	089 10'38"	25.434	1.600	Borrar
337	790.812	1153.365	97.954	176 32'22"	088 52'00"	9.642	1.600	Poste eléctrico
338	808.921	1145.027	98.220	133 51'32"	088 59'24"	25.926	1.600	Línea Central
339	810.827	1147.758	98.133	126 28'47"	089 10'22"	25.619	1.600	Bordillo d Adoq
340	806.970	1142.34	98.160	140 58'00"	089 08'35"	26.584	1.600	Bordillo d Adoq
341	812.148	1149.403	98.360	121 47'20"	088 40'28"	25.793	1.600	Línea de Propiedad
342	806.355	1140.685	98.403	144 07'59"	088 40'02"	27.529	1.600	Línea de Propiedad
343	782.705	1163.542	97.768	274 12'42"	089 57'46"	7.545	1.600	Línea Central
344	780.798	1160.793	97.694	256 54'00"	090 24'35"	9.684	1.600	Bordillo d Adoq
345	779.799	1159.336	97.879	250 42'19"	089 23'48"	11.052	1.600	Línea de Propiedad
346	770.595	1172.282	97.672	295 19'49"	090 14'25"	21.724	1.600	Línea Central
347	768.423	1169.721	97.606	287 09'33"	090 23'34"	22.823	1.600	Bordillo d Adoq
348	772.673	1174.894	97.595	304 08'45"	090 27'13"	21.214	1.600	Bordillo d Adoq
349	767.053	1167.751	97.696	281 36'50"	090 09'47"	23.661	1.600	Línea de Propiedad
350	774.049	1176.085	97.656	308 59'19"	091 56'37"	20.829	1.600	Línea de Propiedad
351	787.098	1164.625	97.723	297 36'30"	090 38'38"	3.535	1.600	Vado
352	787.345	1164.882	97.731	303 17'35"	090 31'33"	3.451	1.600	Vado
353	786.733	1164.238	97.733	289 41'06"	090 27'16"	3.714	1.600	Vado
354	792.030	1161.014	97.788	137 37'27"	089 27'00"	2.672	1.600	Vado
355	792.170	1161.563	97.811	126 16'53"	088 51'23"	2.407	1.600	Vado
356	791.627	1160.669	97.794	148 55'26"	089 20'44"	2.708	1.600	Vado
357	1071.452	1092.554	99.053	121 57'56"	089 49'06"	59.944	1.600	Comprobación PI-2
358	1026.131	1121.151	98.913	119 33'40"	089 33'11"	6.361	1.600	Línea Central
359	1024.793	1118.704	98.843	143 05'22"	090 09'41"	6.986	1.600	Terreno Natural
360	1027.626	1122.991	98.881	100 27'46"	089 51'34"	7.147	1.600	Terreno Natural
361	1028.876	1124.289	99.217	090 00'00"	087 33'12"	8.286	1.600	Línea de Propiedad
362	1023.520	1117.866	99.045	155 32'14"	088 31'16"	7.059	1.600	Línea de Propiedad

363	1026.743	1124.653	99.252	086 36'31"	088 31'16"	6.168	1.600	Poste eléctrico
364	1017.128	1127.604	98.821	313 41'15"	090 29'57"	4.799	1.600	Línea Central
365	1002.317	1133.18	99.010	295 56'08"	089 35'09"	20.329	1.600	Pila
366	1002.638	1133.639	98.884	297 30'00"	089 56'29"	20.248	1.600	Pila
367	1003.357	1133.088	98.875	297 02'13"	089 57'51"	19.356	1.600	Pila
368	1002.972	1132.620	99.024	295 17'48"	089 31'43"	19.496	1.600	Pila
369	1018.417	1129.137	98.858	335 46'51"	090 03'29"	5.316	1.600	Terreno Natural
370	1015.144	1125.388	98.884	281 23'40"	089 47'19"	5.563	1.600	Terreno Natural
371	1019.463	1130.917	99.260	350 17'00"	086 37'15"	6.736	1.600	Línea de Propiedad
372	1014.937	1124.476	99.317	271 53'36"	085 25'05"	5.682	1.600	Línea de Propiedad
373	1022.126	1126.666	98.863	032 43'53"	089 59'52"	2.825	1.600	Terreno Natural
374	1023.026	1127.857	99.388	034 14'27"	083 03'46"	4.347	1.600	Línea de Propiedad
375	1018.652	1121.245	98.903	212 35'14"	089 22'00"	3.613	1.600	Línea Central
376	1021.238	1119.183	98.734	172 51'09"	091 26'12"	5.147	1.600	Terreno Natural
377	1015.692	1123.777	98.775	264 02'23"	091 01'38"	4.933	1.600	Terreno Natural
378	1018.473	1114.949	98.932	192 48'58"	089 35'05"	9.579	1.600	Poste eléctrico
379	1007.372	1107.694	98.981	218 33'09"	089 40'54"	21.221	1.600	Línea Central
380	1009.627	1105.742	98.853	210 36'15"	090 01'36"	21.549	1.600	Terreno Natural
381	1004.853	1109.661	98.846	227 06'24"	090 02'43"	21.492	1.600	Terreno Natural
382	1003.871	1110.262	98.907	230 00'57"	089 53'03"	21.830	1.600	Terreno Natural
383	1002.829	1110.718	98.924	232 37'47"	089 50'36"	22.359	1.600	Línea de Propiedad
384	1010.961	1104.232	99.210	205 39'47"	092 11'42"	22.268	1.600	Línea de Propiedad
385	998.615	1006.32	99.969	347 38'28"	090 34'26"	6.470	1.600	BM

El levantamiento con nivel, se hizo para comprobar la altimetría del terreno en estudio, el cual se presenta en la siguiente tabla:

Tabla N° 2: Datos del Levantamiento Altimétrico.

PUNTO	LE	HI	LF	COTA
PI-1	0.634	100.634		100
PI-2	1.511	100.598	1.613	99.021
PI-3	1.39	100.339	1.649	98.949
PI-4	1.53	100.199	1.67	98.669
PI-5	1.491	99.905	1.788	98.411
PI-6	0.949	99.675	1.179	98.726
PI-7			1.94	97.735
PI-2		100.461		99.021
PI-Aux			1.652	98.829

El plano resultante de los datos levantados se muestra en el **Anexo A**.

CAPITULO III. ESTUDIO DE SUELOS

3.1 Introducción.

El **estudio de suelos** permite conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo, y su composición estratigráfica, es decir las capas o estratos de diferentes características que lo compone en profundidad e igualmente la calidad del banco de material que se utilizará como préstamo correspondiente al sitio en estudio.

Los datos del banco de material “El Vertedero” fueron obtenidos por la Monografía “Diseño de Pavimento Flexible con adoquines en la Calle Principal N-2 de Tisma-Masaya”, presentada por Br. Alejandro C. Blandón Blandón y Norman A. Hernández Cruz (**Ver Anexo B, Tabla 2.1**). Sin embargo se realizó la prueba de análisis granulométrico, PVSS, PVSC y el IP para constatar dichos resultados, y así corroborar el método utilizado para la determinación del CBR.

3.2 Trabajos de Campo y Laboratorio.

Con el propósito de obtener información de las características de los materiales que conforman la estructura actual del pavimento, se llevó a cabo la ejecución de sondeos manuales a lo largo de la vía.

3.2.1 Ensayes de los sondeos de línea.

Se efectuaron ensayes de suelos a las muestras extraídas a lo largo del camino. Se realizaron 6 sondeos para el tramo en estudio y consistieron en perforaciones manuales a cielo abierto de 1.5 m de profundidad ubicadas cada 100 m, alternadamente a la izquierda y derecha de la línea central, de ellos se extrajeron 18 muestras de suelos de 2 a 4 muestras por sondeo. Y se les realizaron ensayes necesarios para el diseño de espesores de pavimento, al igual que pruebas para determinar las propiedades físicas y mecánicas.

Estos fueron realizados de acuerdo a la siguiente tabla en donde se presentan los tipos de ensayos con su respectiva designación basada en los criterios establecidos por la AASHTO, por la ASTM y según la NIC 2000.

Tabla N° 3: Ensayos de las muestras de suelos de los Sondeos de línea.

TIPO DE ENSAYE	DESIGNACION	
	ASTM	AASTHO
Análisis Granulométrico de los suelos	D-422	T-88
Limite Liquido de los suelos	D-424	T-89
Limite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos	D-424	T-90
C.B.R.	D-1883	T-193

3.3 Resultados Obtenidos.

3.3.1 Sondeos de Línea.

Se presentará la información individual para cada sondeo realizado, debido a la diferencia en la cantidad de muestras obtenidas a lo largo del tramo en estudio.

En el primer sondeo se obtuvieron 4 muestras; la profundidad de la muestra N° 1 es de 0 - 66 cm, es un suelo que se clasifica como material granular tipo **A-2-4(0)**, según la **AASTHO** y como arena limosa **SM**, según la **SUCS**; la muestra N° 2 tiene una profundidad de 66 - 92 cm, se clasifica como un suelo limoso-arenoso tipo **A-4(8)**, según la **AASTHO** y un suelo limoso de baja plasticidad **ML**, según la **SUCS**; la muestra N° 3 tiene una profundidad de 92 - 111 cm, es un suelo tipo **A-2-4(0)**, según la **AASTHO**, y un suelo **SM**, según la **SUCS**; y la muestra N° 4 tiene una profundidad de 111 - 150 cm, es un suelo limoso-arenoso tipo **A-4(2)**, según la **AASTHO**, y un suelo **SM**, según la **SUCS**.

Para el segundo sondeo se obtuvieron 3 muestras; la profundidad de la muestra N° 1 es de 0 - 107 cm, es un suelo limoso arenoso que se clasifica como tipo **A-4(5) (ML)**; la muestra N° 2 tiene una profundidad de 107 – 120 cm, el cual es un suelo limoso arenoso que se clasifica como tipo **A-4(2) (SM)**; y la muestra N° 3 tiene una profundidad de 120 – 150 cm, siendo un suelo con grava y arena limosa (material granular), clasificado como **A-2-4(0) (SM)**, todos según la **AASTHO** y la **SUCS**, respectivamente.

En el sondeo N° 3 se obtuvieron 2 muestras; la muestra N° 1 con una profundidad de 0 - 107cm que corresponde a un suelo tipo **A-4(2) (SM)**, es un suelo limoso-arenoso; y la muestra N° 2 tiene una profundidad de 107 – 150 cm siendo un suelo que se clasifica como **A-4(4) (ML)** y limo de baja plasticidad, todos según la **AASTHO** y la **SUCS**, respectivamente.

En el sondeo N° 4 se obtuvieron 3 muestras; la muestra N° 1 con una profundidad de 0 – 18 cm que corresponde a un suelo limoso-arenoso tipo **A-4(2) (GM)**; la muestra N° 2 tiene una profundidad de 18 – 123 cm clasificado como un suelo tipo **A-4(7) (ML)**; y la muestra N° 3 tiene una profundidad de 123 – 150 cm, siendo un suelo con fragmentos de roca, grava y arena tipo **A-1b(0)(SM)**, todos según la **AASTHO** y la **SUCS**, respectivamente.

En el sondeo N° 5 se obtuvieron 3 muestras; la muestra N° 1 con una profundidad de 0 – 18 cm correspondiente a un suelo tipo **A-4(4) (SM)**; la muestra N° 2 tiene una profundidad de 18 – 119 cm que se clasifica como un suelo tipo **A-4(4) (ML)**; y la muestra N° 3 tiene una profundidad de 119 – 150 cm que corresponde a un suelo tipo **A-4(3) (SM)**, todos según la **AASTHO** y la **SUCS**, respectivamente.

Finalmente, en el sondeo N° 6 se obtuvieron 3 muestras; la muestra N° 1 con una profundidad de 0 – 39 cm correspondiente a un suelo granular tipo **A-2-4(0) (SM)**; la muestra N° 2 tiene una profundidad de 39 – 105 cm, siendo un suelo limoso-arenoso tipo **A-4(8) (ML)**; y la muestra N° 3 tiene una profundidad de 105 – 150 cm que se clasifica como un suelo tipo **A-4(1) (SM)**, todos según la **AASTHO** y la **SUCS**, respectivamente, **(Ver Anexo B, Tabla 2.2 - 2.4)**.

Además a todas las muestras se le realizaron las pruebas de LL y el IP resultando todas NP, para la compactación del suelo se utilizó el Método Proctor (Standar) determinando así la humedad óptima y la densidad máxima seca con la que se hizo la prueba de CBR.

3.4 Ensayo C.B.R (California Bearing Ratio).

Con este ensayo se determinó la capacidad de soporte de los suelos, bajo condiciones de humedad y densidad controlada. Para la aplicación de este ensayo las muestras se sometieron a saturación por un periodo de 96 horas de anticipación.

Para encontrar los valores de los CBR de diseño de los diferentes tipos de suelos localizados en la línea que servirán como sub-rasante, se realizó el procedimiento propuesto por el Instituto del Asfalto.

De acuerdo a la tabla de relación aproximada entre la clasificación del suelo y los valores del CBR **(Ver Anexo B, Tabla 2.6)**, se eligieron los valores promedios presentados a continuación:

Tabla N°4. Límites de Resistencia.

Tipo de Suelo	Valor de C.B.R
A-4(ML)	8%
A-4(SM)	15%
A-2-4(SM)	25%

Según el criterio más difundido para la determinación del valor de la resistencia del diseño (CBR de diseño para la sub-rasante propuesto por el Instituto del Asfalto), recomienda utilizar un valor total percentil de acuerdo al tránsito que se espera circule por la vía, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N°5. Límites de Selección de Resistencia.

N° de ejes de 8.2 toneladas en el carril de Diseño (N)	Percentil a seleccionar para encontrar la resistencia
$< 10^4$	60%
$10^4 - 10^6$	75%
$> 10^6$	87.5%

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Fonseca Montejo. Segunda Edición 2001. Página 68.

Para este estudio en particular el valor del ESALs de 50,000 ejes equivalentes por carril de diseño, por lo tanto el valor del percentil a utilizar es de 75%.

Se ordenan los valores de CBR de menor a mayor y se determina el número y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno. A continuación se presentan los datos a utilizar:

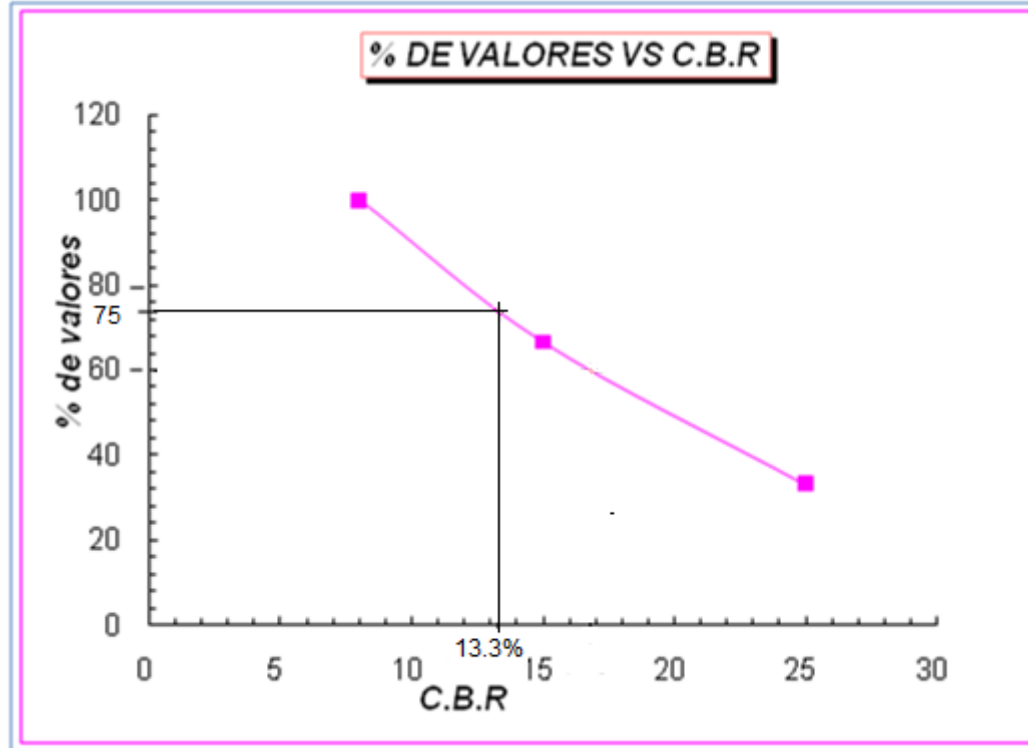
Tabla N°6: Cálculos para elaboración de gráfico N° 1.

CBR	Número de Valores Iguales o Mayores	% de Valores Iguales o Mayores
8	3	$3/3 * 100 = 100$
15	2	$2/3 * 100 = 66.67$
25	1	$1/3 * 100 = 33.33$

Fuente: Libro de Pavimentos para Carreteras. Fonseca Montejo. Segunda Edición. Año 2001. Página 70.

Con los valores obtenidos del CBR y los 3 de valores, se realizó la siguiente gráfica donde se determinó el CBR para la sub-rasante.

Gráfico N° 1: Porcentajes de CBR vs Porcentajes de valores.



Fuente: Elaboración Propia.

Al trazar la tangente sobre el valor percentil de 75% obtenemos el CBR de diseño para la sub-rasante igual a 13.3%.

3.5 Banco de Préstamo.

Con el propósito de suministrar a la obra de un material adecuado de cimentación, se tomó una muestra de la fuente de materiales conocida como el “**Banco de Materiales El Vertedero**”, localizado en el Km 34.5 Carretera Masaya – Catarina. Sus características se describen a continuación:

Esta fuente se encuentra conformada por materiales granulares correspondientes a arenas limosas. En el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, **SUCS** este material se clasifica del tipo **SM**. En base al sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, se clasifica del tipo **A-4**, su índice de grupo es uno (1). La fracción fina que contiene ese material es de baja compresibilidad y de nula plasticidad, su C.B.R es de 69.8%, su densidad seca máxima es de 1,899 kg/m³ y su humedad óptima es de 6.8%.

CAPITULO IV. ESTUDIO DE TRANSITO

4.1 Introducción.

El tránsito es uno de los factores más importantes que afectan el comportamiento de un pavimento, por consiguiente, es necesario conocer el número y tipo de vehículos que circulan por una vía, para determinar los efectos que las cargas de estos vehículos causen al pavimento.

Con el propósito de obtener los datos del tránsito para el diseño de pavimento se realizó un conteo vehicular de tránsito en el tramo de diseño durante una semana por 12 horas diarias (**Ver Anexo C, Tabla 3.1 – 3.28**).

El tramo en estudio posee los 4 sentidos cardinales, por ende se tuvo que escoger 2 sentidos para realizar el diseño (Este-Oeste),(**Ver Anexo C, Tabla 3.29 – 3.34**).

En vista que los datos recolectados son una muestra representativa de un periodo de una semana, se hace necesario estimar el TPDA. Para este propósito se utilizaron factores de ajuste diario, y de expansión (**Ver Anexo C, Tabla 3.35 y 3.36**).

Estos factores permiten expandir el volumen del tránsito de la muestra del tramo de vía en estudio para obtener el TPDA.

Por lo antes mencionado, en este estudio el TPDA pasa a ser el Tránsito Actual. Del conteo vehicular se obtuvo el tipo y cantidad de vehículos que circulan en esta vía, y se resumen en la tabla siguiente:

Tabla N° 7: Resumen de conteo vehicular (Tránsito Diurno).

Hora de 6:00 am-6:00 pm

Día/Tipo de vehículo	Moto	Automóvil	Camioneta	Microbús	C2	Total (veh/12 horas)
Lunes	55	27	17	4	1	104
Martes	51	26	18	3	4	102
Miércoles	66	32	15	2	0	115
Jueves	50	40	15	3	4	112
Viernes	64	37	13	3	2	119
Sábado	71	48	18	4	3	144
Domingo	82	42	19	4	1	148
Total	439	252	115	23	15	844

Fuente: Elaboración Propia.

Los datos resultantes del conteo vehicular mostrados en la tabla anterior nos indican que el tipo de vehículo con mayor presencia de circulación en el tramo en estudio son las motocicletas; aunque para el diseño de pavimento no se toma en cuenta.

4.2 Parámetros para determinar el Tránsito del Carril de Diseño.

4.2.1 Periodo de Diseño (n).

Es el número de años para el cual se diseña específicamente el pavimento; generalmente varía entre los 10 y 40 años. Al final del periodo de diseño puede esperarse que el pavimento requiera una carpeta asfáltica de refuerzo para restaurar su capacidad de servicio (**Ver Anexo C, Tabla 3.37**).

Para nuestro caso tomamos el promedio del periodo de diseño para tener un mayor margen de seguridad resultando un periodo de diseño de **15 años** por ser catalogada como una calle local (**Ver Anexo C, Tabla 3.38**).

4.2.2 El tránsito de Diseño (T_D).

Será igual a la Tránsito en el año cero (inicial), multiplicada por el factor de crecimiento por el porcentaje factor direccional y este se multiplica a su vez por el factor carril.

La siguiente fórmula nos permite calcular el Tránsito de diseño:

$$\text{Tránsito de diseño} = T_0 \times F_{CR} \times F_D \times F_C \quad \text{Ecuación N° 1}$$

Siendo:

T_0 : Tránsito en el año cero (inicial)

F_{CR} : Factor de crecimiento

F_D : Factor direccional

F_C : Factor carril

4.2.3 Factor de crecimiento (F_{CR}).

El tránsito de diseño se determina mediante el uso del factor de crecimiento, determinado por el año horizonte y la tasa de crecimiento anual vehicular, indicándonos la medida en que aumentará el flujo de los vehículos durante el paso del tiempo.

La tasa del crecimiento anual vehicular es del 3%, la cual fue proporcionada por la Policía de Tránsito de Masaya. Además se observa que el PIB y la tasa de Crecimiento Poblacional se encuentran entre este mismo rango del 3% - 4%.

$$F_c = 365 * \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \quad \text{Ecuación N°2}$$

$$F_c = 365 * \frac{(1 + 0.03)^{15} - 1}{0.03}$$

$$F_c = 6,788.60$$

4.2.4 Factor de Distribución por Dirección (F_D).

Es el factor del Total del flujo vehicular contado, el que se emplea para diferenciar las viabilidades en doble sentido tomando un valor de 0.5 y para viabilidades de un sentido un valor de 1. En la mayoría de los casos se utiliza el valor de 0.5, ya que la mitad de los vehículos va en la dirección y la otra mitad en dirección opuesta. **(Ver Anexo C, Tabla 3.39)**. El factor para este estudio tendrá un valor de **0.54**.

4.2.5 Factor de Distribución por Carril (F_C).

Se define por el carril de diseño aquel que recibe al mayor número de tránsito vehicular. Para un camino de dos carriles se toma el factor igual a la unidad, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril. **(Ver Anexo C, Tabla 3.40)**. El factor para este estudio tendrá un valor de **1.0**.

4.2.6 Tasa de Crecimiento (T_C).

Es el incremento anual de volumen de tránsito en una vía, expresado en porcentaje. Se determina basándose en los datos de las estaciones de conteo, así como también tomando en cuenta otras variables como son, el **Producto Interno Bruto** (PIB), y el **Crecimiento Poblacional**. La tasa de crecimiento anual vehicular que se utilizó para este diseño es del 3%.

4.2.6.1 Crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB).

Tabla N° 8: PIB.

Año	PIB (%)
2007	3.2
2008	2.8
2009	-1.5
2010	4.5
2011	4.8
2012	3.6

Fuente: Estadísticas económicas anuales. BCN – Nicaragua

4.2.6.2 Tasa de Crecimiento Poblacional.

Es el cambio en la población en un cierto plazo y puede ser cuantificado como el cambio en el número de individuos en una población usando tiempo por unidad para su medición.

Estos datos fueron obtenidos del Plan Maestro de Desarrollo Urbano de Masaya.

Proyección de Población Urbana

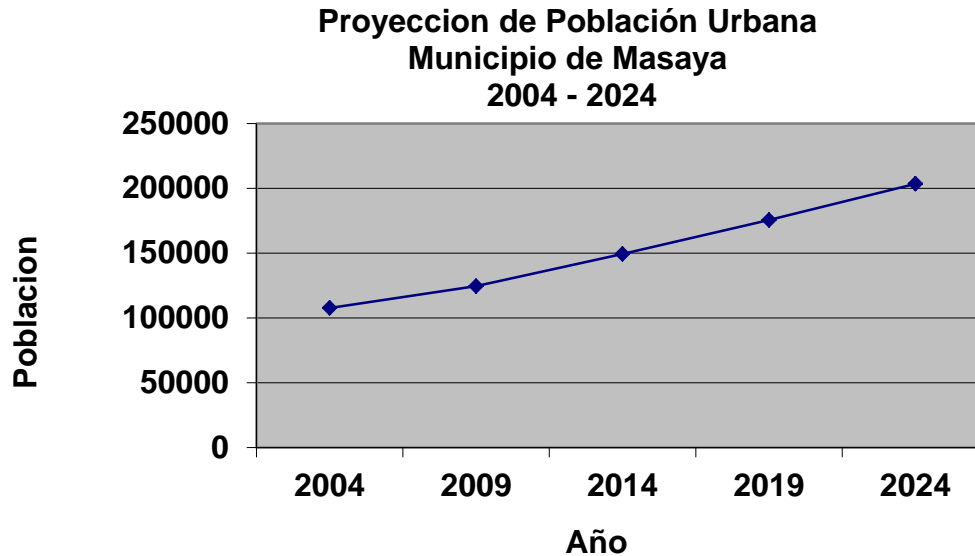
Municipio de Masaya

2004-2024

Cuadro N° 1: Tasa de Crecimiento Poblacional.

Año	Población	Tac/base	Incremento/hab.
2004	107,724	3.7	
2009	124,572		16,848
2014	149,385		24,813
2019	175,537	3.0	26,152
2024	203,494		27,957

Fuente: Plan maestro del Desarrollo Urbano de Masaya (2004-2024)



4.3 Cálculo de Tránsito de Diseño.

Tabla N° 9: Tránsito de Diseño.

Tipo de vehículo	Transito Actual	Factor Crecimiento	Fd	fc	Tránsito de Diseño
Automóviles	36	6788.6036	0.54	1.00	131970.4534
Camionetas	16	6788.6036	0.54	1.00	58653.53483
Microbuses	3	6788.6036	0.54	1.00	10997.53778
C2	2	6788.6036	0.54	1.00	7331.691854
Total	57				208953.2178

Fuente: Elaboración Propia.

La siguiente fórmula nos permite calcular el número de ESAL'S de diseño

$$ESAL = \text{Tránsito de diseño} * F_{ESAL's}$$

Ecuación N°3

Siendo:

ESAL's : Ejes equivalentes de 80KN o 18Kips²

F_{ESAL's} : Factor de carga equivalente AASTHO 93

4.4 Factores de carga equivalentes de pavimentos flexibles para ejes simples.

Tabla N° 10: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, Ejes simples AASTHO 93 / Pt = 2,0 SN = 5

Carga P/eje (Kips)	Numero Estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.009	0.0012	0.0011	0.0010	0.009	0.009
8	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
12	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
18	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.00	9.20	8.60	8.70	9.20
32	14.0	13.50	12.40	11.50	11.50	12.10
34	18.5	17.90	16.30	15.00	14.90	15.60
36	24.2	23.30	21.20	19.30	19.00	19.90
38	31.1	29.90	27.10	24.60	24.00	25.10
40	39.6	38.00	34.30	30.90	30.00	31.20
42	49.7	47.70	43.00	38.60	37.20	38.50
44	61.8	59.30	53.40	47.60	45.70	47.10
46	76.1	73.00	65.60	58.30	55.70	57.00
48	92.9	89.10	80.00	70.90	67.30	68.60
50	113.0	108.00	97.00	86.00	81.00	82.00

Fuente: Manual de Pavimentos (SIECA).

Tabla N° 11: Estructura y Carga de Vehículo por tipo de Eje.

TIPO DE VEHÍCULO	EJES			
	Partes	Peso por eje en Toneladas	Peso por eje en libras	Tipo
Automóvil	F	1	2200	simple
	R	1	2200	Simple
Jeep	F	1	2200	Simple
	R	1	2200	simple
Camioneta	F	1	2200	Simple
	R	2	4400	simple
MC-15	F	2	4400	simple
	R	4	8800	simple
MC-12-30	F	4	8800	Simple
	R	8	17600	simple
C2-Liv.	F	4	8800	Simple
	R	8	17600	simple
Bus	F	5	11000	Simple
	R	10	22000	simple

Fuente: Departamento de peso y dimensiones, Dirección de Vialidad, MTI.

- F : Eje delantero
M : Eje carga media
R : Eje trasero

4.5 Cálculo del Esal's por carril de Diseño.

Tabla N° 12: Esal's.

Periodo de Diseño	Numero Estructural	Índice de Serviciabilidad final
n=15 años	SN=5	Pt=2

Tipo de Vehículos	Peso por Ejes (lbs)	Tránsito de Diseño	Factor ESALs	ESALs de Diseño
Automóviles	2200	131970.4534	0.00038	50.1488
	2200		0.00038	50.1488
Camionetas	2200	58653.53483	0.00038	22.2883
	4400		0.0034	199.4220
Microbuses	4400	10997.53778	0.0034	37.3916
	8800		0.0502	552.08
C2	8800	7331.691854	0.0502	368.05
	17600		0.9206	6,749.56
Total		208953.2178		8,029.0824

Fuente: Elaboración Propia.

ESAL o W18 = 8,029.0824 por carril de tránsito.

El Esal's calculado es menor que el mínimo para diseñar por este método debido a que el tránsito del tramo en estudio es bajo, por ende se tomó el Esal's mínimo de Diseño (50,000) para este caso.

CAPITULO V. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON ADOQUIN

5.1 Introducción.

A partir de los resultados de la AASTHO ROAD TEST, el comité de diseño de la AASTHO produjo la guía provisional para el diseño de pavimentos rígidos y flexibles, la cual se basó además en procedimientos de diseños existentes.

Después de haber sido utilizado por algunos años, este fue ajustado dando origen a la versión de 1993, a la cual se incorporaron nuevas consideraciones entre la que cabe mencionar la confiabilidad del diseño, los módulos de elasticidad de la Sub-Rasante y la capa del pavimento, los factores ambientales de temperatura y humedad, el drenaje, los aspectos económicos, procedimientos de diseño para la construcción por etapas y el conocimiento de los diseños de tipo empírico.

La ecuación para el cálculo de diseño de la guía AASHTO 93 es:

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \text{ LOG}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \Delta \text{PSI}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Ecuación N°4

Donde:

- W₁₈** : Número de aplicaciones de cargas de 80 KN.
- Z_R** : Abscisa correspondiente a un área igual a la Confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.
- S₀** : Desviación estándar de las variables.
- ΔPSI** : Pérdida de Serviabilidad prevista en el diseño.
- M_R** : Módulo resiliente.

5.2 Variables para el Diseño.

5.2.1 Confiabilidad (R).

Es la probabilidad de que nuestro diseño se comporte satisfactoriamente bajo las condiciones de tránsito y ambiente durante el periodo de diseño que se implementó. **(Ver Anexo D, Tabla 4.1)**. Para el diseño se usará una confiabilidad igual a **R=70%**, por tratarse de una calle local (Urbana).

5.3 Criterios de Comportamiento.

5.3.1 Pérdida de Serviciabilidad (Δ PSI).

La Serviciabilidad de una estructura de pavimento es la capacidad que tiene éste de servir al tipo y volumen de tráfico para el cual fue diseñado. El índice de Serviciabilidad varía de 5 (excelente) a 0 (pésimo).

El método AASHTO - 93 predice el porcentaje de pérdida de Serviciabilidad (Δ PSI) para varios niveles de tránsito y cargas de ejes, entre mayor sea la pérdida de Serviciabilidad (Δ PSI), mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar.

La pérdida de Serviciabilidad (**Δ PSI o Present Serviciability Index**) es la diferencia entre el índice de Serviciabilidad inicial y final.

$$\Delta \text{ PSI} = P_o - P_t$$

Ecuación N°5

Donde:

P_0 = Serviciabilidad Inicial, es la condición inmediata después de la construcción.

P_t = Serviciabilidad Final, es la condición final que tendrá el pavimento de fallar.

Los valores que la AASHTO recomienda dependiendo del tipo de camino son los siguientes:

Índice de Serviciabilidad Inicial:

$P_0 = 4.2$ para pavimentos flexibles.

$P_0 = 4.5$ para pavimentos rígidos.

Índice de Serviciabilidad Final:

$P_t = 2.5$ o más para caminos principales

$P_t = 2.0$ para caminos de tránsito menor

Para este diseño se utilizará:

$P_0 = 4.2$ para pavimentos flexibles

$P_t = 2.0$, por tratarse de una vía de tránsito menor

Por lo tanto:

$\Delta \text{PSI} = 4.2 - 2.0 \Rightarrow \Delta \text{PSI} = 2.2$ es el valor de la pérdida de la Serviciabilidad para nuestro diseño.

5.4 Propiedades de los materiales.

5.4.1 Módulo Resiliente de la Sub Rasante.

El módulo Resiliente se refiere a los esfuerzos del comportamiento del material bajo condiciones normales de repetición de carga. Es importante mencionar que el módulo Resiliente puede ser aplicado a cualquier tipo de material.

El factor principal para la caracterización de los materiales de sub-rasante en este método es el módulo Resiliente o Elástico. Este módulo se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición y por tal motivo el Manual de Pavimentos (SIECA) ha establecido correlaciones para determinarlos a partir de otros ensayos, como el CBR, encontrándose que:

$$\text{MR (PSI)} = 1,500 * \text{CBR}$$

Ecuación N°6

Donde:

MR: Módulo Resiliente de la sub-rasante.

CBR: Razón de soporte estimada.

$$\text{MR (PSI)} = 1,500 * (13.3)$$

$$\text{MR (PSI)} = 19,950 \text{ PSI}$$

5.5 Estructura de Pavimento a Base de Adoquín.

5.5.1 Superficie de Concreto Asfáltica.

Los adoquines tienen un comportamiento similar al de un concreto Asfáltico por lo que el coeficiente de la capa que normalmente se utiliza para este tipo de carpeta (adoquín) es de 0.45 cm que corresponde a un módulo de 450,000 PSI.

5.6 Desviación estándar (S_o).

Este parámetro está ligado directamente con la confiabilidad (R); en este paso deberá seleccionarse un valor S_o "Desviación estándar global" representativo de las condiciones locales particulares, que se presentan posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

Los valores de S_o en los tramos de prueba de AASTHO no incluyen errores en la estimación de tránsito; sin embargo, el error en la predicción del comportamiento de las secciones en cada tramo, fue de 0.25 para pavimento rígido y 0.35 para pavimento flexible, lo que corresponde a los valores de la desviación estándar total debido al tránsito de 0.35 y 0.45 para pavimento rígido y flexible respectivamente.

El método recomienda que para pavimentos flexibles la desviación estándar esté en un rango de **0.40** a **0.50**. Por lo detallado en el párrafo anterior para este estudio se asume un valor de diseño de **$S_o = 0.45$** .

5.7 Drenaje (m_i).

El coeficiente de drenaje puede variar entre 0.7 y 1.25. En este diseño utilizaremos **$m_i=1.0$** ; ya que en el laboratorio se trabaja con un suelo en condición saturada o más adversa, para obtener el CBR (**Ver Anexo D, Tabla 4.2**).

5.8 El CBR de Base.

Tomado como CBR el del Banco de Materiales "El Vertedero", localizado en Km 34.5 Carretera Masaya – Catarina, teniendo un **C.B.R** de **69.8%**.

5.9 Características de los materiales en los pavimentos.

La caracterización de las capas del pavimento, se efectúa a través de sus módulos de elasticidad, obtenidos por ensayos normalizados de laboratorios.

El uso de la sub-base en este método requiere del empleo de un coeficiente de capa (a_3) Para convertir su número estructural en (SN), que es el indicativo del espesor total requerido del pavimento. Para nuestro caso no se utilizará este coeficiente de capa debido a que el tránsito es poco; y además según el resultado del método de la AASHTO 93 nos demuestra que no lo amerita.

En relación con la base, esta podrá ser granular o estabilizada y los requerimientos de calidad deben de ser, superiores a los de sub-base el material estará representado por un coeficiente (a_2), que permite convertir su espesor real a su número estructural.

5.10 Coeficientes de capas.

Debido que la AASHTO en su guía de diseño 1993 no considera el diseño con adoquines, a pesar de que su comportamiento es similar a la de un pavimento flexible, al emplear el método que presente dicha guía para el cálculo de los espesores, se trata de utilizar coeficientes que de alguna manera tengan equivalencias con los tipos de materiales con que se forman la estructura de pavimento, de la Guía de Diseño de la AASHTO contiene los coeficientes aceptables para los fines propuestos.

Los coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa a cada material para funcionar como parte de la estructura de pavimento.

5.10.1 Carpeta de Rodamiento de Adoquín (a_1):

Como el espesor del adoquín es de 10cm equivalente a 4 pulgadas, el coeficiente de la carpeta de rodamiento es de $a_1 = 0.45$.

5.10.2 Bases granulares:

La AASHTO muestra un gráfico que se puede emplearse para estimar el coeficiente estructural (a_2), a partir de uno de cuatros resultados diferentes de laboratorio de un material de base, incluyendo el módulo resiliente de la base que tiene un valor de **27,500 PSI**. El valor del coeficiente de la capa de Base granular $a_2=0.13$ (Ver Anexo D, Gráfico 4.1).

5.11 Diseño Estructural del Pavimento.

Este método de diseño es aplicable para vías con tránsito superior a 0.05×10^6 ejes equivalentes de 8.2 toneladas y la ecuación utilizada para el diseño de pavimento flexible, derivada de la información obtenida empíricamente por la AASHTO ROAD TEST es:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \quad \text{Ecuación N°7}$$

Donde:

a_i : Coeficiente estructural de la capa i , la que depende de la caracterización del material con que ella se construye.

D_i : Espesor de la capa i en pulgadas.

m_i : Coeficiente de drenaje de la capa i .

El **SN**, es el número abstracto, que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido para la combinación dada de soporte del suelo (M_r), del tránsito total (W_{18}), de la serviciabilidad terminal y de las condiciones ambientales.

5.11.1 Procedimientos de diseño de pavimento.

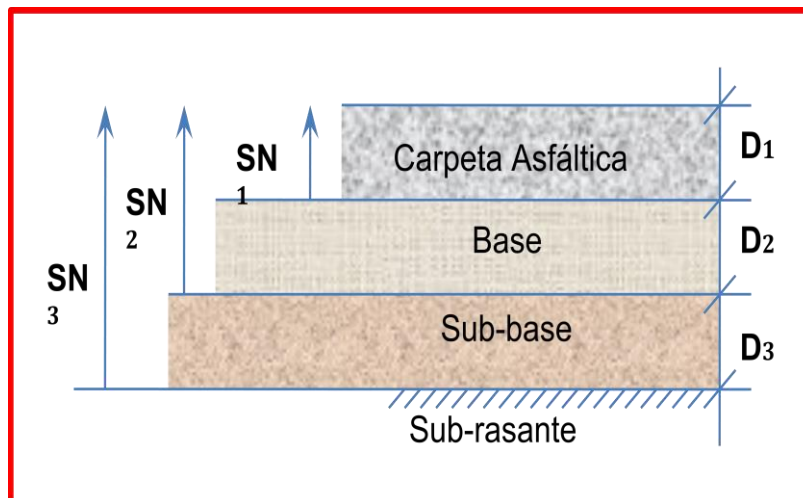
La gráfica de diseño recomendada por la AASHTO permite tener el número estructural (SN), a partir de los siguientes parámetros:

1. Tránsito de diseño estimado durante el periodo de diseño.
2. El nivel de confiabilidad (R) debe recordarse que la aplicación de este nivel implica la utilización de promedios en los datos de entradas, según tabla de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras.
3. Seleccione o evalúe la desviación estándar global (S_o) los valores determinados en la prueba de caminos de la AASHTO fueron entre 0.40 y 0.50.
4. El módulo resiliente de la sub-rasante (MR).
5. La pérdida de nivel de servicio durante el periodo de diseño, $\Delta PSI = P_o - P_t$ (Donde $P_o = 4.2$ y $P_t = 2.0$, obteniendo un resultado de $\Delta PSI = 2.2$).

5.11.2 Espesor de la carpeta.

La carpeta de rodamiento ya está predeterminada porque se utilizará adoquines de concreto de cuatro pulgadas de espesor.

A continuación se muestra el gráfico para estimar el Coeficiente Estructural de Capa de Concreto Asfáltico, basado en el Módulo Elástico (Resiliente).



5.12 Datos de Diseño.

Cuadro N° 2: Resumen de Datos Calculados

Parámetros	Datos
ESAL`S	: 50,000
Confiabilidad (R)	: 70 %
Desviación Estándar (S _o)	: 0.45
Módulo Resiliente de la Sub –Rasante (lb/in ²)	: 19,950
Serviciabilidad Inicial (P _o)	: 4.2
Serviciabilidad Final (P _t)	: 2.0
Espesor de Adoquín (D ₁)	: 4in=10cm
Δ PSI	: 2.2
Coeficientes de Capas (a _n)	a ₁ = 0.45
	a ₂ =0.13
Coeficiente de Drenaje (m ₁)	: 1.00

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2 \quad \text{Ecuación N°8}$$

SN=1.45(calculado) (Ver Anexo D, Gráfico 4.2)

$$1.45 = 0.45 * 4 + 0.13 * D_2$$

$$D_2 = (1.45 - 0.45 * 4) / 0.13$$

D₂ = -2.69 in(Por lo tanto se usara el espesor mínimo.)

D₂ = 4 in ≈ 10 cm (mínimo)

$$SN_1 = a_1 D_1$$

$$SN_1 = 0.45 * 4$$

$$SN_1 = 1.80 \quad (\text{Número estructural para la capa de adoquín})$$

$$SN^*_2 = a_2 D_2$$

$$SN^*_2 = 0.13 * 4.0$$

$$SN^*_2 = 0.52 \quad (\text{Número estructural para la capa base})$$

$$SN^*_2 + SN_1 \geq SN$$

$$0.52 + 1.80 \geq SN$$

Debido a que el valor de SN obtenido de la capa de adoquín es mayor que el SN_{TOTAL} del suelo de sub rasante, no se necesita de sub-base, el resultado se observa en el siguiente gráfico:

$$2.32 \geq 1.45$$

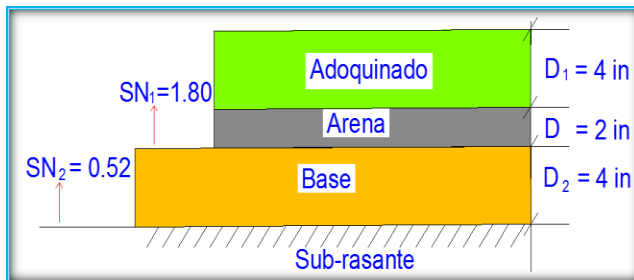


Gráfico 1: Valores de espesor de la carpeta.

5.13 Resultados.

Espesor de carpeta de adoquín = 10.00 cms

Espesor de capa de arena = 5.00 cms

Espesor de base granular = 10.00 cms

(Ver Anexo D, Figura 4.1 – 4.2)

vCAPITULO VI: ESTUDIO HIDROTECNICO

6.1 Introducción.

Uno de los aspectos más importantes en el ámbito de la localización y diseño de carreteras, tanto en el área rural como urbana es la necesidad de proveer un drenaje adecuado. El campo del drenaje es muy amplio, abarcando sobre todo la Hidrología y la Hidráulica.

Drenaje de carretera puede ser definido como el proceso de controlar y remover el exceso de agua superficial y subterránea encontrada dentro de los límites del derecho de vía y el área adyacente, generalmente esta agua procede de precipitaciones.

Todas las obras para controlar el agua superficial se le denomina drenaje superficial y el que se ocupa del agua subterránea se le llama drenaje sub superficial o bien sub drenaje.

La solución de los problemas de drenaje debe ser considerado como parte integral del diseño de la carretera o calle. De tal manera que cada paso de la localización y diseño deben estar acompañadas de consideraciones técnicas relacionadas al drenaje, haciendo que el diseño final y la construcción resulte con un drenaje adecuado a un costo razonable.

6.2 Diseño de Sistemas de Drenaje Superficial.

La solución de problemas de drenaje superficial debe ser analizada en tres fases básicas:

- ☞ La estimación de la cantidad de agua que puede ser esperado que alcance cualquier elemento del sistema, o sea Análisis Hidrológico.
- ☞ El Diseño Hidráulico de cada elemento del sistema.
- ☞ Comparación de alternativas, probando diferentes materiales y otras variables para seleccionar la más económica, y de ser posible la que mejor funcione según el problema específico.

Para un buen drenaje se requiere predecir lo más preciso posible la magnitud del caudal pico de diseño, es decir el escurrimiento superficial pico para varios intervalos de frecuencia (Análisis Hidrológico), así como el diseño de las facilidades que acomoden este flujo (Diseño Hidráulico).

Es necesaria una estrecha correlación entre estas dos partes para alcanzar un diseño balanceado. En este proceso se requiere de una variedad de enfoques para estimar el caudal superficial para el diseño de un sistema de drenaje. Si se cuentan con datos históricos de precipitaciones, el análisis estadístico es primordial para estimar el caudal pico de diseño para un periodo de retorno.

6.3 Intensidades Máximas Anuales, Departamento de Masaya.

Para determinar las intensidades de diseño fue necesario obtener los datos estadísticos en el Instituto Nacional de Estudios Territoriales INETER, los que corresponden al periodo comprendido entre 1977 al 2009 (Estación: Masaya, Código: 069115) (**Ver Anexo E, Tabla 5.1**), con el que se emplearon las distribuciones de valores extremos, para estimar los valores de lluvia para duraciones mayores.

En el método de los valores extremos, se calculan las intensidades de lluvias para diferentes periodos de retorno, se realiza una gráfica para cada valor de periodo de retorno y se puede obtener la ecuación de la curva haciendo uso de métodos estadísticos (regresión potencial), pero se debe ajustar haciendo uso de diversos valores de duración, hasta lograr el mayor valor del coeficiente de correlación, a través de las ecuaciones de los mínimos cuadrados. Todos estos cálculos pueden ser realizados en diferentes programas por ejemplo, el programa Excel, como en este caso.

6.4 Ecuaciones del Método de distribución de Valores Extremos, para la estimación de intensidades de lluvia.

6.4.1 Parámetro Alfa (α).

Ecuación N°9

$$\alpha = \frac{\sqrt{6} \times S}{\pi}$$

Donde:

S: Desviación Estándar con respecto al promedio.

6.4.2 Moda μ .

$$\mu = x - 0.577\alpha$$

Ecuación N° 10

Donde:

μ : Es la moda de la distribución, es decir el punto de mayor densidad de probabilidad.

x : Es el promedio de las intensidades.

6.4.3 Variable Reducida (y_T) e Intensidades (x_T).

$$y_T = -\text{Ln}\left(\text{Ln}\left(\frac{T}{T-1}\right)\right)$$

Ecuación N° 11

Donde:

T : Periodo de retorno (años).

$$x_T = \mu + \alpha y_T$$

Ecuación N° 12

Tabla N° 13: Intensidades Máximas Anuales Ordenadas.

Años	5	10	15	30	60	120	360
1	108.0	80.4	68.8	44.8	24.4	7.9	5.3
2	112.8	84.0	68.8	46.8	29.7	12.4	5.6
3	116.1	85.2	73.6	50.6	29.9	15.3	7.0
4	116.4	87.0	74.4	52.8	30.9	16.6	9.0
5	116.4	91.2	75.6	55.6	34.0	18.6	9.0
6	118.8	94.2	76.4	58.6	35.7	22.2	16.8
7	120.0	98.4	80.0	60.4	41.1	24.0	17.8
8	120.0	99.6	80.8	62.4	42.6	24.8	
9	120.0	100.2	81.6	64.2	43.3	25.1	
10	121.0	106.2	88.0	65.2	45.6	25.4	
11	122.4	107.4	90.8	65.6	45.6	26.3	
12	122.8	111.0	92.8	66.8	46.0	26.4	
13	123.6	112.2	94.4	68.0	46.2	26.5	
14	124.8	116.4	97.6	68.7	46.7	27.1	
15	127.2	116.4	97.6	69.2	46.7	28.6	
16	128.0	117.0	99.2	69.4	46.8	28.8	
17	128.4	118.8	100.4	70.0	47.5	29.0	
18	133.2	119.4	101.2	73.0	47.7	29.3	
19	141.6	119.4	102.8	73.8	48.0	30.2	
20	142.8	120.0	102.8	74.2	49.6	33.1	
21	144.0	120.0	105.6	77.2	50.7	33.9	
22	144.0	120.8	105.6	80.8	51.5	34.9	
23	148.8	121.2	110.4	82.0	52.3	35.5	
24	152.4	122.4	110.8	83.6	54.8	35.5	
25	153.6	124.8	114.0	87.8	56.7	35.6	
26	158.4	124.8	115.2	90.0	58.0	35.8	
27	168.0	129.0	116.0	91.6	65.4	36.4	
28	177.6	137.4	118.8	92.0	67.6	39.0	
29	180.0	141.6	119.6	95.0	68.3	39.8	
30	183.6	142.2	124.0	100.6	71.9	42.7	
31	201.6	150.6	137.2	101.6	75.0	43.6	
32	226.8	169.8	143.6	111.2	87.6	45.4	
33	230.4	171.6	148.0	118.6	88.7	56.5	
∑ Sumatoria	4733.500	3860.600	3316.400	2472.100	1676.500	992.200	70.5
Xmedia	143.439	116.988	100.497	74.912	50.803	30.067	10.071
Desv.Stand	31.947	22.107	20.740	18.075	15.420	10.036	5.156

Fuente: INETER.

6.5 Resultados.

Tabla N° 14: Resumen de cálculos de parámetros, para la estimación de intensidades de lluvia.

Parámetros	Duración de Intensidades en minutos						
	5	10	15	30	60	120	360
X media	143.439	116.988	100.497	74.912	50.803	30.067	10.07
Desv. Standard	31.947	22.107	20.740	18.075	15.420	10.036	5.16
Alfa α	24.909	17.237	16.171	14.093	12.023	7.825	4.020
Moda μ	129.067	107.042	91.166	66.780	43.866	25.552	7.752

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 15: Intensidades de lluvia para Periodos de Retorno, obtenidas a través del Método de Valores Extremos.

Tr en años	y_T	x_T 5	x_T 10	x_T 15	x_T 30	x_T 60	x_T 120	x_T 360
2	0.367	138.196	113.360	97.093	71.946	48.272	28.420	9.225
5	1.500	166.429	132.896	115.422	87.919	61.900	37.289	13.782
10	2.250	185.122	145.831	127.557	98.495	70.922	43.160	16.798
15	2.674	195.668	153.129	134.403	104.462	76.012	46.473	18.500
25	3.199	208.740	162.174	142.890	111.858	82.322	50.580	20.610
50	3.902	226.261	174.299	154.264	121.771	90.779	56.084	23.438
100	4.600	243.653	186.333	165.555	131.611	99.174	61.547	26.244

Fuente: Elaboración Propia.

6.6 Relación de Intensidad-Duración-Frecuencia.

Para relacionar los datos de lluvias con caudales, se requiere desarrollar relaciones entre la lluvia, la duración de la misma, con la frecuencia de ocurrencia. Normalmente se desarrollan ecuaciones de intensidad-duración-frecuencia, IDF. Estas ecuaciones tienen la forma:

$$I = \frac{A}{(d + t)^b}$$

Ecuación N° 13

Donde:

I : Es la intensidad de lluvia en milímetros por hora.

t: Es el tiempo de concentración de la cuenca hidrográfica.

A, d y n: Son coeficientes que se determinan con los datos de las intensidades de lluvias proporcionados por INETER.

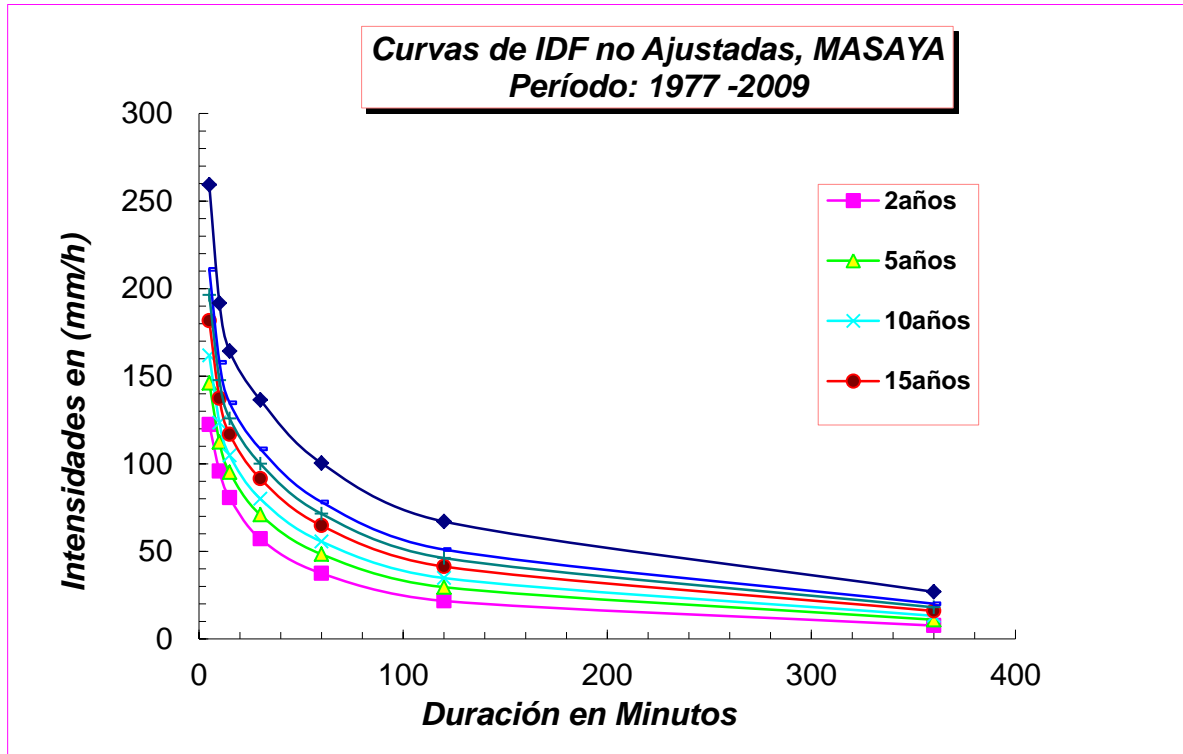
El tiempo de concentración (t_c) de diseño es de 15 min para este caso.

Tabla N° 16: Intensidades en (mm/h) Curva no ajustada.

Años	Duración de Intensidades en minutos						
	5	10	15	30	60	120	360
2	138.196	113.360	97.093	71.946	48.272	28.420	9.225
5	166.429	132.896	115.422	87.919	61.900	37.289	13.782
10	185.122	145.831	127.557	98.495	70.922	43.160	16.798
15	195.668	153.129	134.403	104.462	76.012	46.473	18.500
25	208.740	162.174	142.890	111.858	82.322	50.580	20.610
50	226.261	174.299	154.264	121.771	90.779	56.084	23.438
100	243.653	186.333	165.555	131.611	99.174	61.547	26.244

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 1: Curvas IDF no ajustadas, Masaya.



6.7 Ajuste de Curvas IDF.

Tabla N° 17: Parámetros de Ajuste.

Tr años	r	a	d	b
1.5	-0.999	4862.9685	25.5	1.0716
2	-0.9991	2934.0454	20	0.9496
5	-0.9992	1768.0633	14	0.7978
10	-0.9993	1490.1801	11.5	0.7356
25	-0.9994	1362.9226	9.75	0.6862
50	-0.9995	1290.7305	8.5	0.6551
100	-0.9995	1327.6181	8.35	0.6414

Fuente: Monografía "Estudio de Curvas de Intensidad Duración" del Departamento de Masaya y León, realizado por Br. Norman Roberto Corrales Aragón.

Tabla N° 18: Corrección de Intensidades de Lluvia para Periodo de Retorno de 5 años.

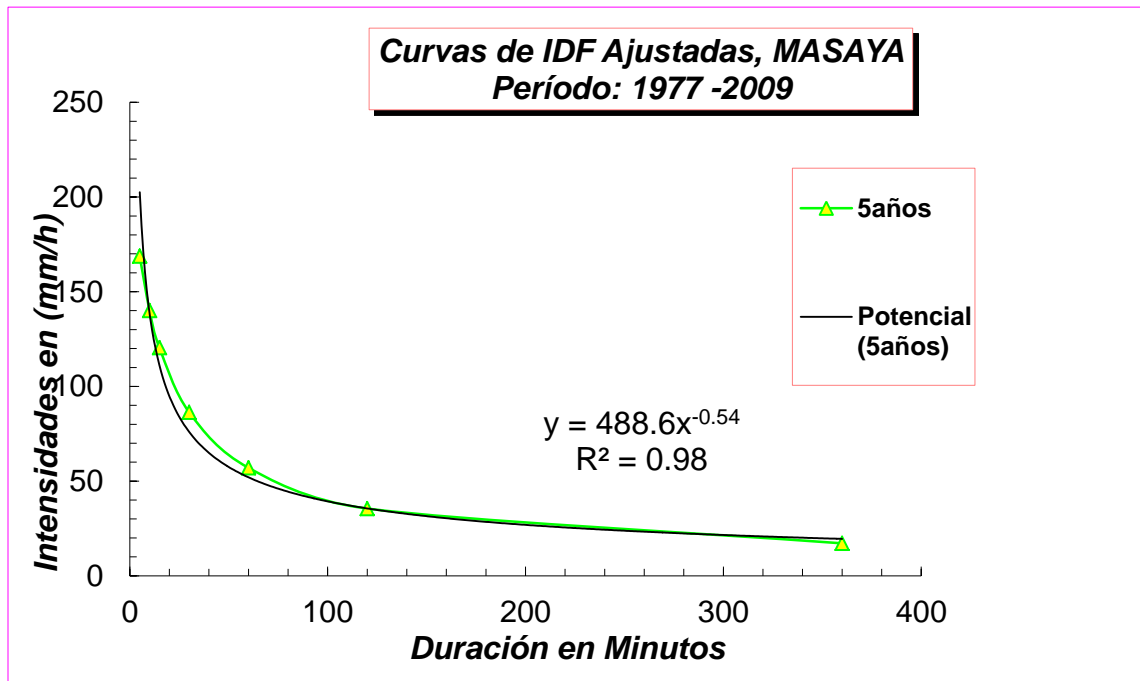
Tr (años)	Y _T	Duración en minutos						
		5	10	15	30	60	120	360
5	1.500	166.429	115.422	142.890	87.919	61.900	37.289	13.782

d (min)	años	y _T	Intensidad(mm/h)	Duración T (min)	d +T (min)	Corrección (mm/h)
14	5	1.500	166.429	5	19	168.775
14	5	1.500	132.896	10	24	140.076
14	5	1.500	115.422	15	29	120.447
14	5	1.500	87.919	30	44	86.368
14	5	1.500	61.900	60	74	57.046
14	5	1.500	37.289	120	134	35.522
14	5	1.500	13.782	360	374	17.142

Fuente: Elaboración Propia.

Con los resultados obtenidos de esta tabla se elaboró el siguiente gráfico, que muestra las Intensidades de lluvias corregidas en el Departamento de Masaya, para un Periodo de Retorno de 5 años.

Gráfico N° 2: Curvas IDF Ajustadas, Masaya.



6.8 Criterios para la selección de Periodo de Retorno de Estructuras de Drenajes.

Sobre la base de experiencias, se han desarrollado algunos criterios generalizados en diseño para estructuras de drenajes. Usualmente se selecciona el periodo de retorno en base al cual se fija la magnitud del evento. Para nuestro diseño el Periodo de Retorno es de **5 años**, por ser Drenaje Urbano para ciudades pequeñas (**Ver Anexo E, Tabla 5.2**).

6.9 Método Racional.

Este método tiene la bondad de poder utilizarse en lugares donde no se tiene información para calibrarse. De acuerdo a G.R. Williams la designación de "racional" implica que el método no es empírico.

Esto no es cierto, debido a que coeficientes empíricos, seleccionados a través del juicio y la experiencia, son usados para estimar caudales. De acuerdo a la experiencia el método puede ser utilizado en cuencas con aéreas menores de 5 millas cuadradas, aproximadamente 13 Kilómetros cuadrados, 1300 Hectáreas.

En concepto básico del Método Racional presume que el caudal de escorrentía de una cuenca de drenaje ocurre cuando la cuenca está contribuyendo, y que este caudal de escorrentía es igual a una proporción C de la precipitación promedio.

En forma de Ecuación:

$$Q = C * I * A$$

Ecuación N° 14

Donde:

Q : Caudal de escorrentía originalmente (acres – pulgadas por hora).

C : Relación entre la escorrentía pico a la precipitación promedio.

I : Intensidad promedio de lluvia en pulgadas por hora.

A : Área de la cuenca en acres.

En unidades métricas la ecuación resulta:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Ecuación N° 15

Donde:

Q : En metros cúbicos por segundo.

I : En milímetros por hora.

A : Área de drenaje en hectáreas.

6.10 Coeficiente de Escorrentía.

En este estudio se tomará un valor de **0.15** con respecto al tipo de suelo encontrado en la zona (usualmente arenosos o con gravas), (**Ver Anexo E, Tabla 5.3**).

6.11 Caudal de Diseño Q.

Datos.

Área del proyecto = **0.30 Ha.**

Coeficiente de Escorrentía (c) = 0.15.

Intensidad de lluvia en milímetros por hora, para una duración de 15 min: 79.30 mm/h.

$$I = \frac{488.6}{(14 + 15)^{0.54}} = 79.30 \text{ mm/h}$$

Caudal de diseño: $0.0099 \text{ m}^3/\text{s}$ (dividido entre dos calles), $Q = 0.00495 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$Q = \frac{0.15 * 79.30 * 0.30}{360} = 0.0099 \text{ m}^3 / \text{s}$$

6.12 Drenaje del Pavimento.

Un drenaje efectivo del pavimento de una carretera es esencial para el mantenimiento del nivel de servicio de la carretera y la seguridad del tránsito. El drenaje del pavimento requiere de consideraciones de drenaje superficial, flujo en los canales laterales y capacidad de tragantes.

El diseño del sistema de drenaje para una carretera pavimentada con cunetas es recolectar la escorrentía en las cunetas y conducir las a los tragantes de una manera que provea seguridad para el tránsito y los peatones (**Ver Anexo E, Tabla 5.4**).

6.13 Pendiente Transversal.

Se ha encontrado que una pendiente transversal del 3% tiene poco efecto en la conducción de los vehículos. Pendientes mayores no son aconsejables a menos que sea de regiones altas de densidad de lluvia.

6.14 Cunetas (Canales Laterales).

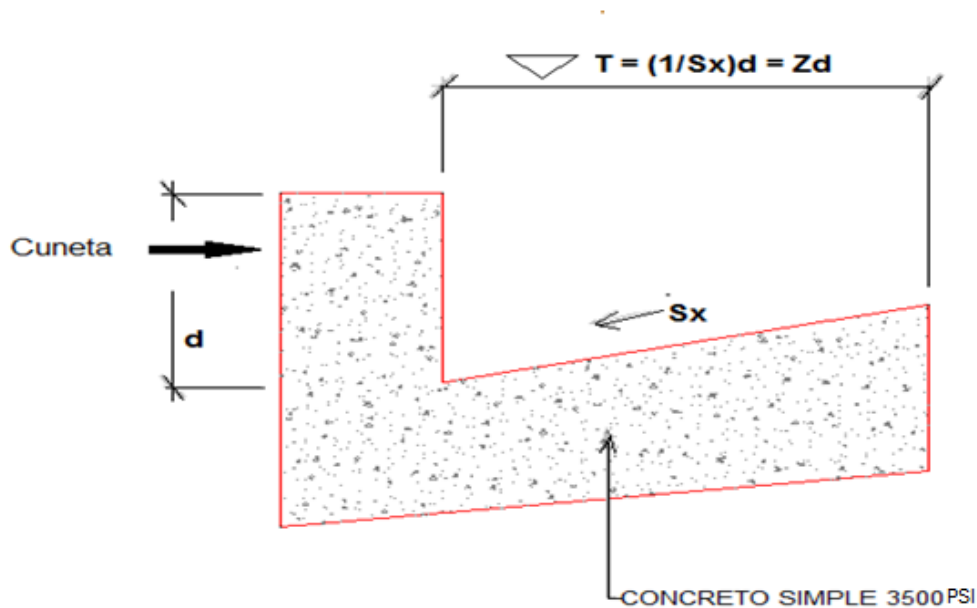
Las cunetas son utilizadas al extremo del pavimento para vías de baja velocidad y adyacentes a los hombros en vía de moderada velocidad. Estos canales con bordes generalmente son de 0.3 a 1m de ancho.

La pendiente normalmente es la misma de la vía o bien puede ser mayor, usualmente unos 8 cm/m más fuerte. Estos canales o cunetas, generalmente son triangulares, en algunos casos se pueden usar secciones circulares, y conducen el agua de diseño sin interrumpir el tránsito.

El caudal es transportado por la superficie de rodamiento en la sección triangular formada por la pendiente transversal y la respectiva cuneta. Cuando ocurre el caudal de diseño se produce un derrame y el agua se esparce sobre la superficie.

La distancia se le determina como T y es medida perpendicular a la cara del bordillo de la cuneta a la extensión del agua en la vía, como se muestra en la siguiente figura:

Gráfico N° 3: Sección de Cuneta.



Fuente

: Hidrotecnia Vial I y II. Análisis Hidrológico y Diseño Hidráulico, Curso de Titulación Obras Viales, Febrero 2005. Dr. Ing. Ottoniel Arguello Herrera.

Donde:

d: Es la profundidad que alcanza el agua.

Z = (1/S_x): Es el inverso de la pendiente transversal

T = Zd = (1/S_x)d: Es la distancia que cubre o se esparce el agua en la vía de rodamiento.

Donde para la sección triangular, el caudal se calcula por medio de la ecuación siguiente: (U.S. Department of Transportation – Federal Highway Administration Urban Drainage Design Manual, Noviembre de 1996).

$$Q = \frac{K * S_x^{5/3} * S_L^{1/2} * T^{8/3}}{n}$$

Ecuación N°16

Dónde:

K = 0.376 para sistema métrico.

n: Coeficiente de Manning.

Q: Caudal (m³/s).

T: Ancho de flujo (m).

S_x: Pendiente transversal (m/m).

S_L: Pendiente longitudinal (m/m).

Datos:

$n = 0.013$ (Canal revestido o fabricado de concreto terminado con cuchara), (**Ver Anexo E, Tabla 5.5**).

$$Q = 0.00495 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S_x = 0.03 \text{ m/m, (Ver Anexo A, Plano).$$

$$S_L = 0.005 \text{ m/m, (Ver Anexo A, Plano).$$

La calle consta de dos cunetas por lo que se debe repartir el caudal 50/50.

$$Q = 0.00495 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.00248 \text{ m}^3/\text{s}$$

Despejando T.

$$T = ((Q*n) / (K*S_x^{5/3}*S_L^{1/2}))^{3/8}$$

Ecuación N° 17

$$T = 0.72\text{m}$$

6.15 Diseño de la Sección.

$$d = T * S_x$$

Ecuación N° 18

$$d = 0.72\text{m} * 0.03 = d$$

$$d = 0.10 \text{ m(mínimo)}$$

Obteniendo finalmente las dimensiones de la cuneta con una profundidad de 0.10m y esparciéndose en ella 0.72m de distancia.

CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

Luego de recopilar, revisar, analizar y procesar la información requerida para el desarrollo de los objetivos propuestos en este trabajo se concluye que:

- ☞ De acuerdo a los resultados que se obtuvieron del Estudio de Suelo en el tramo, se determinaron los tipos de materiales existentes y se clasificaron, predominando un tipo de suelo limoso – arenoso **A – 4**, según la **AASHTO**, y un suelo limoso de baja plasticidad **ML**, según la **SUCS**. Se obtuvo un CBR de diseño de sub-rasante de 13.3% según el procedimiento propuesto por el Instituto del Asfalto.
- ☞ Igualmente se constató que la fuente de material, se encuentra conformada por materiales granulares, correspondientes a arenas limosas. En el sistema unificado de clasificación de suelos, **SUCS**, este material se clasifica del tipo **SM**. En base al sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, se clasifica del tipo **A-4**, su índice de grupo es uno. su CBR es de 69.8%, su densidad seca máxima es de 1,899 Kg/m³ y su humedad óptima es de 6.8% por lo cual se puede considerar como una base de buena calidad (**Ver Anexo B Tabla 2.5**).
- ☞ De acuerdo a los resultados del estudio de tránsito, se refleja que la afluencia vehicular es mayoritariamente de vehículos livianos (97.92%), de los cuales el 52.08% son motocicletas.

Dentro de los factores de diseño se encuentra la tasa de crecimiento vehicular, de crecimiento poblacional y del producto interno bruto, la considerada en el presente, fue la proporcionada por la Policía de Tránsito de la Ciudad de Masaya la cual es del 3%. El ESAL's obtenido fue de 8,029.082 ejes equivalentes por carril de diseño; sin embargo se diseñó con el ESAL's mínimo de diseño (50,000) como se indica en el Método AASHTO 93.

☞ Para el cálculo de la estructura de pavimento se utilizó el método de la AASHTO 93, a través del programa computarizado Pavement Analysis Software versión 3.3 obteniendo los siguientes resultados:

Espesor de la Carpeta = 4.0 pulgadas (10 cm)

Espesor de la Base = 4.0 pulgadas (10 cm)

SN requerido = 1.45

SN calculado = 2.32

SN calculado > SN requerido Ok.

☞ Para evitar las inundaciones en el tramo de diseño e igualmente en el hospital se propuso usar cunetas triangulares, resultando con una profundidad (d) igual a 0.10 m y una distancia de esparcimiento del agua de 0.65 m.

RECOMENDACIONES.

Durante el desarrollo de este trabajo se encontraron diversos factores que nos llevan a considerar algunas recomendaciones para el trabajo a realizarse en el tramo de la vía en estudio, estas recomendaciones se plantean a continuación:

- ☞ Utilizar principalmente el material del banco El Vertedero, para la construcción de la base.
- ☞ Efectuar conteos vehiculares periódicamente, basándose en los datos obtenidos del diseño, con el propósito de analizar el comportamiento del tránsito y poder compararlo con el número de cargas estimado en el diseño, evitando el daño prematuro de la vía causado por el crecimiento vehicular.
- ☞ Dar un buen seguimiento al proceso de ejecución para asegurar que los materiales colocados y los espesores de los mismos sean los obtenidos en el diseño, con una buena compactación.
- ☞ Para garantizar el buen funcionamiento y duración de vida útil de la carpeta y estructura de pavimento, se deben construir un buen sistema de drenaje pluvial además de realizar mantenimientos periódicos de manera preventiva, que también evita los altos costos del mantenimiento correctivo y/o rehabilitación.
- ☞ Hacer un Estudio Hidráulico profundo del sitio y sus alrededores para la construcción de una alcantarilla pluvial y así erradicar las inundaciones.
- ☞ Restringir el paso de vehículos pesados.

BIBLIOGRAFÍA

- 🌀 Anuario de Aforos de Trafico, Año 2010. Revista MTI.

- 🌀 Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes, NIC 2000.Nicaragua (1999). MTI.

- 🌀 Fundación Nicaragüense para el desarrollo económico y social (FUNIDES). I Informe Coyuntura Económica 2012.

- 🌀 Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials 1993.

- 🌀 Ingeniería de Pavimentos para Carretera, Bogotá-Colombia Segunda Edición, (2001). Montejo Fonseca A.

- 🌀 Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. INETER.

- 🌀 Manual Centroamericano para diseño de pavimentos. Coronado Iturbide Jorge. Secretaría de Integración Económica Centroamericana SIECA, Guatemala, Segunda Edición, (2002).

- 🌀 Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Carlos Crespo Villalaz; Editorial Limusa, 5ta edición México

- 🌀 Monografía “Diseño de Pavimento Flexible con adoquines en la Calle Principal N-2 de Tisma-Masaya”, presentada por Br. Alejandro C. Blandón Blandón y Norman A. Hernández Cruz.

- 🌀 Monografía “Diseño de Adoquinado, Barrio Fátima. Rivas, Nicaragua”.
Realizado por: Br. Marcos Lenin Jiménez Gómez y Carlos Alberto Marengo Ortiz, Tutor: Msc. Bernardo Calvo.
- 🌀 Monografía “Estudio de Curvas de Intensidad Duración”, realizado por Br. Norman Roberto Corrales Aragón.
- 🌀 Revista Red Vial Nicaragua 2011, Ministerio de Transporte e Infraestructura- División Administrativa Vial

Sitios Web:

- 🌀 Características y Propiedades de los materiales para la construcción de carreteras.
<http://www.slideshare.net/geral24/subrasante>
- 🌀 http://www.bcn.gob.ni/estadisticas/economicas_anuales/index.html?&val=1.
- 🌀 Ministerio de Transporte e Infraestructura. Dirección de Vialidad.
www.mti.gob.ni/vialidad.

INDICE DE ANEXOS

Anexo A CAPITULO II: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Planos.....	67
-------------	----

Anexo B CAPITULO III: ESTUDIO DE SUELO

Tabla 2.1: Resultados de Ensayes de la Fuente de Materiales.....	71
Tabla 2.2: Clasificación de suelos, según AASHTO.....	72
Tabla 2.3: Clasificación de suelos, según SUCS.....	73
Tabla 2.4: Sondeos de Línea del Tramo en Estudio.....	74
Tabla 2.5: Clasificación y Uso del Suelo según el valor de CBR.....	75
Figura 2.1: Perfil Estratigráfico de suelos del sitio en estudio.....	76
Tabla 2.6: Correlación Aproximada entre la clasificación de suelo y los diferentes ensayos.....	78

Anexo C CAPITULO IV: ESTUDIO DE TRANSITO

Tabla 3.1 – 3.28: Formato de conteo vehicular.....	79
Tabla 3.29 – 3.34: Resumen de conteo vehicular.....	102
Tabla 3.35: Resumen de ambos sentidos del conteo vehicular.....	110
Tabla 3.36: Estación 1103, Tramo: Empalme Las Flores – Entrada Monimbó.....	111
Tabla 3.37: Periodos de Diseño(n).....	112
Tabla 3.38: Clasificación funcional de las vías urbanas.....	113
Tabla 3.39: Factor de Distribución por Dirección (F_D).....	114
Tabla 3.40: Factor de Distribución por Carril (F_C).....	114

Anexo D CAPITULO V: DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Tabla 4.1: Niveles de Confiabilidad sugeridos para diferentes Carreteras.....	116
Tabla 4.2: Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles.....	116
Gráfico 4.1: Variación de coeficientes de la capa a_2 en bases granulares.....	117
Gráfico 4.2: Esal's de Diseño.....	118
Figura 4.1: Ingreso de datos al sistema (programa).....	119
Figura 4.2: Resultado de datos procesados.....	119

Anexo E CAPITULO VI: ESTUDIO HIDROTECNICO

Tabla 5.1: Intensidades Máximas Anuales, Departamento de Masaya.....	120
Tabla 5.2: Criterios de Diseño generalizadas para estructuras de drenaje.....	121
Tabla 5.3: Valores de C para uso en la fórmula racional.....	122
Tabla 5.4: Sugerencias sobre frecuencias y esparcimiento mínimos del agua.....	122
Tabla 5.5: Coeficientes de Rugosidad "n" (Chow, 1959).....	123

Anexo F FOTOGRAFIAS DEL SITIO EN ESTUDIO

Fotos del Sitio.....	124
----------------------	-----

Tabla 2.1: Resultados de Ensayes de la Fuente de Materiales.

PVSS (kg/m ³)	PVSC (kg/m ³)	Densidad Máxima (kg/m ³)	Humedad Óptima (%)	CBR (%)	% Que pasa por el Tamiz									L.L (%)	I.P (%)	Clasificación		
					2" 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 200			SUCS	AASHTO	
Fuente de Materiales: "Banco de Materiales El Vertedero"																		
1,459	1,662	1,899	6.8	69.8				100	96	95	89	81	64	40		NP	SM	A-4(1)
<p>Observaciones: PVSS = Peso Volumétrico Seco Suelto, PVSC = Peso Volumétrico Seco Compacto, L.L = Limite Liquido, I.P = Índice de Plasticidad</p>																		

Fuente: Monografía "Diseño de Pavimento Flexible con adoquines en la Calle Principal N-2 de Tisma-Masaya", presentada por Br. Alejandro C. Blandón Blandón y Norman A. Hernández Cruz.

Tabla 2.2: Clasificación de suelos, según AASHTO.

Clasificación General	Materiales Granulares (35 ó menos pasan la malla No. 200)							Materiales Limo-Arcilla (Más del 35% pasan malla No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Análisis de Mallas, (%) que pasan por la: No. 10.... No. 40.... No. 200....	50 Máx. 30 Máx. 15 Máx.	50 Máx. 25 Máx.	51 Mín. 10 Máx.	35 Máx.	35 Máx.	35 Máx.	35 Máx.	36 Mín.	36 Mín.	36 Mín.	36 Mín.
Característica de la fracción que pasan la malla No. 40 Limite Líquido (%) Índice de Plasticidad (%)	6 Máx.		N.P	40 Máx. 10 Máx.	41 Máx. 10 Máx.	40 Máx. 11 Mín.	41 Mín. 11 Mín.	40 Máx. 10 Máx.	41 Mín. 10 Máx.	40 Máx. 11 Mín.	41 Mín. 11 Mín.
Índice de Grupo	0		0	0			4 Máx.	8 Máx.	12 Máx.	16 Máx.	20 Máx.
Tipos usuales de materiales constituyentes significativos	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena Fina	Grava y Arena Limosas y Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Clasificación General como Sub-rasante	Excelente a Bueno							Regular a Pobre			
<p>PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACION: Con los datos requeridos y disponibles de prueba, procédase de Izquierda a Derecha en la carta y, por proceso de eliminación se encontrará el grupo correcto. El primer grupo de la Izquierda, en el cual coinciden los datos de las pruebas, será la Clasificación correcta.</p> <p>El I.P. del sub-grupo A-7-5 es igual o menor que el LL. menos 30. El I.P. del sub-grupo A-7-6 es mayor que el LL. menos 30.</p>											
$IG = (F - 35) [0.2 + 0.005(LL-40)] + 0.01(F - 15) (IP - 10)$											

Fuente: Libro de Diseño de Pavimentos, AASHTO 93.

Tabla 2.3: Clasificación de suelos, según SUCS.

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO	
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ⊕	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u : mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA C_c : entre 1 y 3. $C_u = D_{60} / D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$	
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		
		GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	GM d u	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.
				GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 mm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	ARENA LIMPIA Poco o nada de partículas finas	SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poco o nada de finos.	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.
			SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poco o nada de finos.	
		ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	SM d u	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.
				SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.
		LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ML CL	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad
				OL	
LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	MH CH OH	Limos inorgánicos, limos micáceos o dintomáceos, más elásticos.	CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.) 		
		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.			
		Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.			
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.			

** CLASIFICACIÓN DE FRONTERA- LOS SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACIÓN DE LOS DOS SÍMBOLOS; POR EJEMPLO GW-GC, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.
 ⊕ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U.S. STANDARD.
 * LA DIVISIÓN DE LOS GRUPOS GM Y SM EN SUBDIVISIONES d Y u SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS ÚNICAMENTE. LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN LOS LÍMITES DE ATTERBERG EL SUFJO d SE USA CUANDO EL L.L. ES DE 28 O MENOS Y EL I.P. ES DE 6 O MENOS. EL SUFJO u ES USADO CUANDO EL L.L. ES MAYOR QUE 28.

Fuente: Libro de Diseño de Pavimento, AASHTO 93.

Tabla 2.4: Sondeos de Línea del Tramo en Estudio.

Sondeo #	Muestra #	Profundidad (cm)	% que pasa por el tamiz									L.L (%)	L.P (%)	CLASIFICACION	
			1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200			SUCS	AASHTO
1	1	0-66	100	100	100	100	99	96	83	56	34	---	N.P	SM	A-2-4
	2	66-92	100	100	100	100	99	99	95	82	73	---	N.P	ML	A-4(8)
	3	92-111	100	100	100	100	100	100	87	56	35	---	N.P	SM	A-2-4
	4	111-150	100	100	100	100	100	100	89	62	42	---	N.P	SM	A-4(2)
2	1	0-107	100	100	100	100	99	99	94	80	62	---	N.P	ML	A-4(5)
	2	107-120	100	100	100	100	100	100	93	70	46	---	N.P	SM	A-4(2)
	3	120-150	100	100	97	97	97	97	85	57	32	---	N.P	SM	A-2-4
3	1	0-107	100	100	99	94	94	91	83	62	43	---	N.P	SM	A-4(2)
	2	107-150	100	100	100	100	100	100	93	73	53	---	N.P	ML	A-4(4)
4	1	0-18	100	100	82	75	73	65	57	50	43	---	N.P	GM	A-4(2)
	2	18-123	100	100	100	97	96	96	93	81	66	---	N.P	ML	A-4(7)
	3	123-150	100	100	100	100	100	99	90	44	13	---	N.P	SM	A-1b(0)
5	1	0-18	100	100	100	100	100	98	86	65	48	---	N.P	SM	A-4(4)
	2	18-119	100	100	100	100	100	99	85	67	53	---	N.P	ML	A-4(4)
	3	119-150	100	100	100	100	100	100	93	77	49	---	N.P	SM	A-4(3)
6	1	0-39	100	100	100	99	95	90	80	54	33	---	N.P	SM	A-2-4
	2	39-105	100	100	100	100	100	99	90	71	53	---	N.P	ML	A-4(8)
	3	105-150	100	100	100	99	99	91	78	57	40	---	N.P	SM	A-4(1)

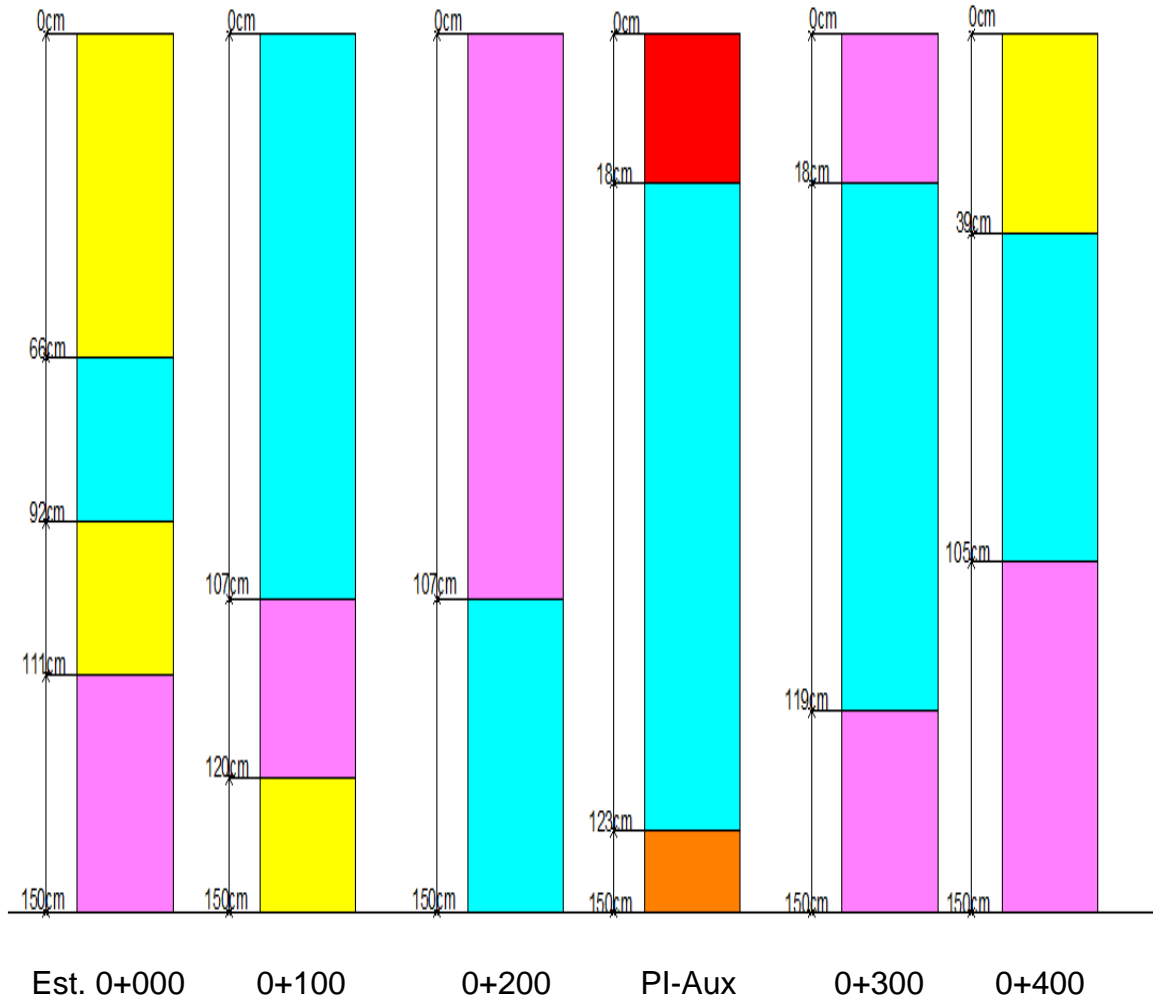
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.5: Clasificación y Uso del Suelo según el valor de CBR.

CBR	Clasificación Cualitativa del Suelo	Uso
0-5	Muy mala	Sub-rasante
6-10	Mala	Sub-rasante
11-20	Regular-Buena	Sub-rasante
21-30	Muy Buena	Sub-rasante
31-50	Buena	Sub-base
51-80	Buena	Base
81-100	Muy Buena	Base

Fuente: Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Carlos Crespo Villalaz; Editorial Limusa, 5ta edición México

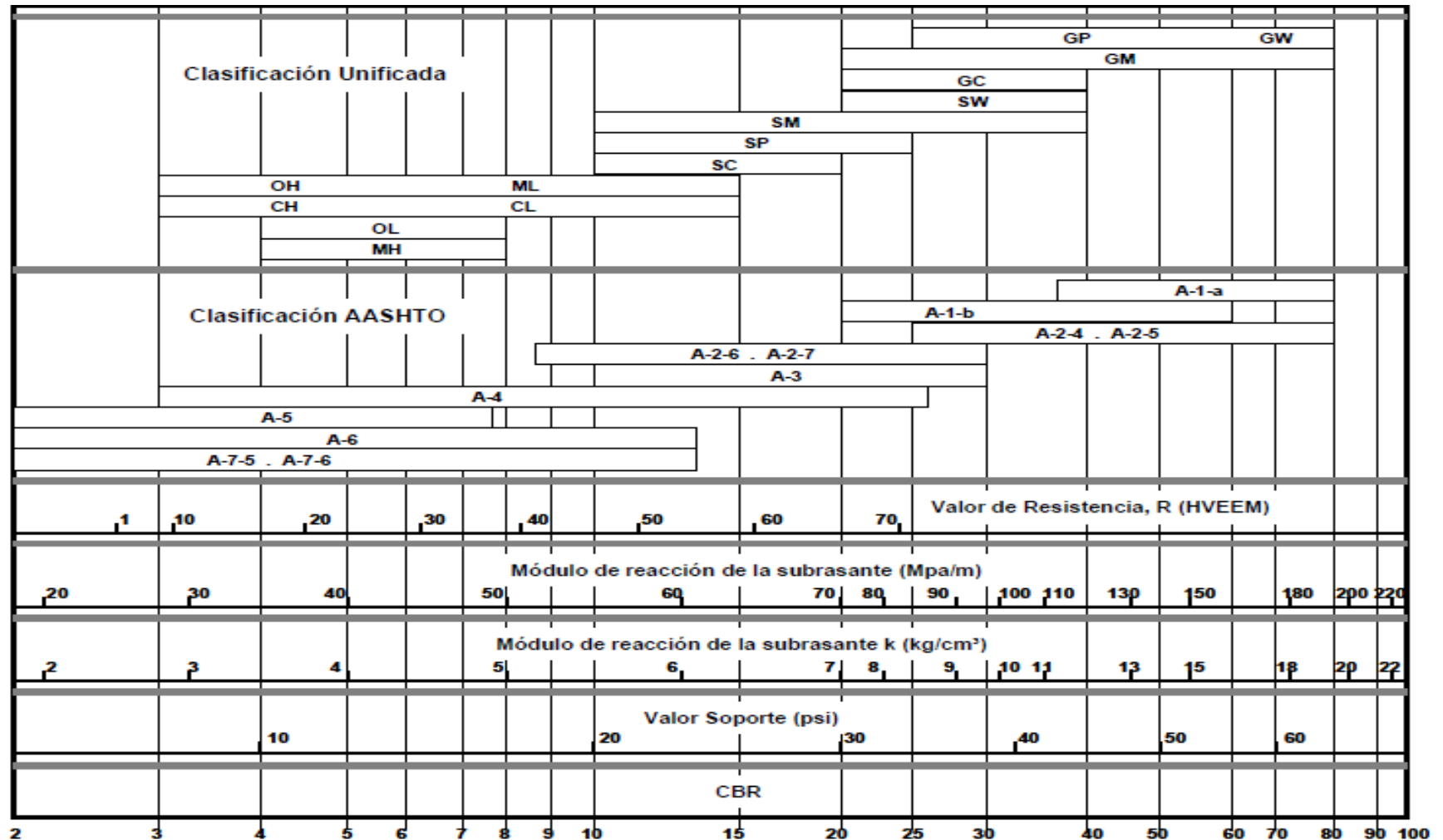
Figura 2.1: Perfil Estratigráfico de suelos del sitio en estudio.



ESTRATIGRAFIA DEL SITIO DE ESTUDIO	
CLASIFICACION	
AASHTO	SUCS
	A-4 SM
	A-4 ML
	A-4 GM
	A-2-4 SM
	A-1(b) SM

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 2.6: Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos.



Fuente: Manual Centroamericana para Diseño de Pavimentos. SIECA, Noviembre 2002.

Tabla 3.1: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Lunes 04/06/12		Sentido de Circulación: Norte-Sur	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	1	0	0	0	0
7:00-8:00	1	0	0	0	0
8:00-9:00	0	1	0	0	0
9:00-10:00	2	0	1	0	0
10:00-11:00	0	2	0	0	0
11:00-12:00	3	0	0	0	0
12:00-1:00	1	1	1	0	0
1:00-2:00	0	0	0	0	0
2:00-3:00	0	0	1	0	0
3:00-4:00	2	2	0	0	0
4:00-5:00	1	1	1	0	0
5:00-6:00	2	2	0	0	0
Total:	13	9	4	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.2: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Lunes 04/06/12		Sentido de Circulación: Sur-Norte	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	1	0	0	0	0
7:00-8:00	1	1	0	0	0
8:00-9:00	2	1	1	0	0
9:00-10:00	0	0	0	0	0
10:00-11:00	2	0	0	0	0
11:00-12:00	1	1	1	0	0
12:00-1:00	3	2	0	0	0
1:00-2:00	0	0	0	0	0
2:00-3:00	1	1	0	0	0
3:00-4:00	1	0	1	0	0
4:00-5:00	1	0	0	0	0
5:00-6:00	2	1	0	0	0
Total:	15	7	3	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.3: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Lunes 04/06/12		Sentido de Circulación: Este-Oeste	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	1	0	0	0	0
7:00-8:00	0	0	0	0	0
8:00-9:00	1	0	0	0	0
9:00-10:00	1	0	0	0	0
10:00-11:00	2	0	0	0	0
11:00-12:00	2	1	1	0	0
12:00-1:00	1	1	2	0	0
1:00-2:00	3	0	0	0	0
2:00-3:00	1	0	1	1	0
3:00-4:00	1	1	0	0	0
4:00-5:00	1	2	1	1	0
5:00-6:00	1	0	0	0	0
Total:	15	5	5	2	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.4: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Lunes 04/06/12			Sentido de Circulación: Oeste-Este	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2	
6:00-7:00	1	0	0	0	0	
7:00-8:00	1	0	0	0	0	
8:00-9:00	0	1	1	1	0	
9:00-10:00	0	0	0	0	0	
10:00-11:00	1	0	0	0	0	
11:00-12:00	2	0	1	0	0	
12:00-1:00	1	1	0	0	0	
1:00-2:00	1	1	1	0	0	
2:00-3:00	0	0	0	1	0	
3:00-4:00	1	0	0	0	0	
4:00-5:00	2	2	1	0	0	
5:00-6:00	2	1	1	0	0	
Total:	12	6	5	2	0	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.5: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Martes 05/06/12		Sentido de Circulación: Norte-Sur	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	1	0	1	0	0
7:00-8:00	0	0	0	0	0
8:00-9:00	2	0	0	0	0
9:00-10:00	1	0	1	1	0
10:00-11:00	2	2	0	0	0
11:00-12:00	4	0	0	0	0
12:00-1:00	1	1	1	0	0
1:00-2:00	2	1	1	0	0
2:00-3:00	0	0	0	0	0
3:00-4:00	1	0	0	0	0
4:00-5:00	0	1	0	0	0
5:00-6:00	3	2	0	0	0
Total:	17	7	4	1	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.6: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Martes 05/06/12		Sentido de Circulación: Sur-Norte	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	1	0	1	0	0
7:00-8:00	0	1	0	1	0
8:00-9:00	2	0	0	0	0
9:00-10:00	1	0	0	0	1
10:00-11:00	2	2	1	0	0
11:00-12:00	1	1	0	0	0
12:00-1:00	3	4	1	0	0
1:00-2:00	0	1	2	0	0
2:00-3:00	0	0	0	0	0
3:00-4:00	1	0	0	0	0
4:00-5:00	2	1	0	0	0
5:00-6:00	1	1	1	0	0
Total:	14	11	6	1	1

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.7: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Martes 05/06/12		Sentido de Circulación: Este-Oeste	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	0	0	0	0	0
7:00-8:00	1	0	0	0	0
8:00-9:00	1	0	0	0	0
9:00-10:00	2	1	0	0	1
10:00-11:00	0	0	2	0	0
11:00-12:00	1	0	1	0	0
12:00-1:00	3	1	0	0	0
1:00-2:00	0	0	0	0	0
2:00-3:00	1	0	0	0	0
3:00-4:00	0	0	0	0	0
4:00-5:00	1	1	1	0	0
5:00-6:00	0	0	1	0	0
Total:	10	3	5	0	1

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.8: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Martes 05/06/12		Sentido de Circulación: Oeste-Este	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	0	0	0	0	0
7:00-8:00	0	0	0	1	0
8:00-9:00	0	0	0	0	0
9:00-10:00	1	0	0	0	0
10:00-11:00	1	1	1	0	0
11:00-12:00	2	0	1	0	0
12:00-1:00	2	1	0	0	0
1:00-2:00	1	0	0	0	0
2:00-3:00	0	0	0	0	0
3:00-4:00	0	0	0	0	0
4:00-5:00	2	1	0	0	0
5:00-6:00	1	2	1	0	0
Total:	10	5	3	1	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.9: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Miércoles 06/06/12		Sentido de Circulación: Norte-Sur	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	0	0	0	0	0
7:00-8:00	1	0	1	0	0
8:00-9:00	0	1	0	0	0
9:00-10:00	1	0	1	0	0
10:00-11:00	0	2	0	0	0
11:00-12:00	2	0	0	0	0
12:00-1:00	1	2	1	0	0
1:00-2:00	1	1	0	0	0
2:00-3:00	2	0	0	0	0
3:00-4:00	0	0	1	0	0
4:00-5:00	0	1	0	0	0
5:00-6:00	2	2	0	0	0
Total:	10	9	4	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.10: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Miércoles 06/06/12		Sentido de Circulación: Sur-Norte	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	2	1	0	0	0
7:00-8:00	3	1	1	0	0
8:00-9:00	3	2	1	1	0
9:00-10:00	4	0	0	0	0
10:00-11:00	1	0	0	0	0
11:00-12:00	0	1	1	0	0
12:00-1:00	3	3	0	0	0
1:00-2:00	1	0	0	0	0
2:00-3:00	2	1	0	0	0
3:00-4:00	0	1	1	0	0
4:00-5:00	2	0	0	0	0
5:00-6:00	4	2	1	0	0
Total:	25	12	5	1	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.11: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Miércoles 06/06/12		Sentido de Circulación: Este-Oeste	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	2	1	0	0	0
7:00-8:00	0	0	0	0	0
8:00-9:00	1	3	0	0	0
9:00-10:00	3	1	1	0	0
10:00-11:00	0	0	0	0	0
11:00-12:00	0	0	0	0	0
12:00-1:00	1	0	0	0	0
1:00-2:00	2	0	0	0	0
2:00-3:00	0	0	0	0	0
3:00-4:00	3	0	0	0	0
4:00-5:00	1	0	0	0	0
5:00-6:00	4	1	0	0	0
Total:	17	6	1	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.12: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Miércoles 06/06/12			Sentido de Circulación: Oeste-Este	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2	
6:00-7:00	0	0	0	0	0	
7:00-8:00	0	0	0	0	0	
8:00-9:00	1	1	0	0	0	
9:00-10:00	2	0	1	0	0	
10:00-11:00	2	0	0	1	0	
11:00-12:00	2	1	0	0	0	
12:00-1:00	3	1	1	0	0	
1:00-2:00	0	0	0	0	0	
2:00-3:00	0	0	0	0	0	
3:00-4:00	0	0	0	0	0	
4:00-5:00	2	1	1	0	0	
5:00-6:00	2	1	2	0	0	
Total:	14	5	5	1	0	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.13: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Jueves 07/06/12		Sentido de Circulación: Norte-Sur	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	0	1	0	0	0
7:00-8:00	0	0	1	1	0
8:00-9:00	2	0	0	0	0
9:00-10:00	1	1	0	0	0
10:00-11:00	1	2	0	0	0
11:00-12:00	4	0	1	0	0
12:00-1:00	0	1	0	0	0
1:00-2:00	1	1	0	0	0
2:00-3:00	0	0	0	0	0
3:00-4:00	2	1	0	0	0
4:00-5:00	0	0	0	0	0
5:00-6:00	2	2	1	0	0
Total:	13	9	3	1	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.14: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Jueves 07/06/12		Sentido de Circulación: Sur-Norte	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	0	0	1	0	0
7:00-8:00	4	3	0	0	0
8:00-9:00	1	0	0	0	0
9:00-10:00	0	1	0	0	0
10:00-11:00	2	1	1	0	0
11:00-12:00	0	2	1	0	0
12:00-1:00	3	1	0	0	0
1:00-2:00	0	0	0	0	0
2:00-3:00	1	0	1	0	1
3:00-4:00	0	2	0	1	0
4:00-5:00	2	3	0	0	1
5:00-6:00	4	5	2	0	0
Total:	17	18	6	1	2

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.15: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Jueves 07/06/12		Sentido de Circulación: Este-Oeste	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	0	0	0	0	0
7:00-8:00	0	0	0	0	0
8:00-9:00	0	0	0	0	0
9:00-10:00	1	0	0	0	1
10:00-11:00	2	2	1	0	0
11:00-12:00	3	0	0	0	0
12:00-1:00	0	1	1	0	0
1:00-2:00	2	1	0	0	0
2:00-3:00	1	0	0	0	1
3:00-4:00	0	0	0	0	0
4:00-5:00	0	2	0	0	0
5:00-6:00	4	1	0	0	0
Total:	13	7	2	0	2

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.16: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Jueves 07/06/12			Sentido de Circulación: Oeste-Este	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2	
6:00-7:00	0	0	0	0	0	
7:00-8:00	1	1	1	0	0	
8:00-9:00	0	0	0	0	0	
9:00-10:00	0	0	1	1	0	
10:00-11:00	1	0	0	0	0	
11:00-12:00	0	0	0	0	1	
12:00-1:00	2	1	1	0	0	
1:00-2:00	1	0	0	0	0	
2:00-3:00	0	0	0	0	0	
3:00-4:00	0	0	0	0	0	
4:00-5:00	1	2	0	0	0	
5:00-6:00	1	2	1	0	0	
Total:	7	6	4	1	1	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.17: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Viernes 08/06/12		Sentido de Circulación: Norte-Sur	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	0	0	1	0	0
7:00-8:00	0	0	0	0	0
8:00-9:00	2	1	0	0	0
9:00-10:00	2	1	1	1	0
10:00-11:00	3	0	0	0	0
11:00-12:00	3	1	0	0	0
12:00-1:00	2	0	1	0	0
1:00-2:00	0	0	0	0	0
2:00-3:00	1	0	0	0	0
3:00-4:00	1	1	0	0	0
4:00-5:00	2	1	1	0	0
5:00-6:00	3	3	0	0	0
Total:	19	8	4	1	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.18: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Viernes 08/06/12		Sentido de Circulación: Sur-Norte	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	0	1	0	0	0
7:00-8:00	2	0	0	0	0
8:00-9:00	0	3	1	0	0
9:00-10:00	1	0	0	1	1
10:00-11:00	2	4	1	0	0
11:00-12:00	0	0	0	0	0
12:00-1:00	4	1	1	0	0
1:00-2:00	0	2	0	0	0
2:00-3:00	1	0	1	0	0
3:00-4:00	0	0	0	1	1
4:00-5:00	3	2	0	0	0
5:00-6:00	4	5	0	0	0
Total:	17	18	4	2	2

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.19: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Viernes 08/06/12		Sentido de Circulación: Este-Oeste	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	0	0	0	0	0
7:00-8:00	0	0	0	0	0
8:00-9:00	0	0	0	0	0
9:00-10:00	2	1	0	0	0
10:00-11:00	3	0	0	0	0
11:00-12:00	1	1	1	0	0
12:00-1:00	4	0	0	0	0
1:00-2:00	0	0	1	0	0
2:00-3:00	2	1	0	0	0
3:00-4:00	1	0	0	0	0
4:00-5:00	3	1	0	0	0
5:00-6:00	1	1	0	0	0
Total:	17	5	2	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.20: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Viernes 08/06/12			Sentido de Circulación: Oeste-Este	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2	
6:00-7:00	1	0	0	0	0	
7:00-8:00	2	1	1	0	0	
8:00-9:00	0	0	0	0	0	
9:00-10:00	1	1	0	0	0	
10:00-11:00	0	0	0	0	0	
11:00-12:00	0	0	0	0	0	
12:00-1:00	2	2	0	0	0	
1:00-2:00	0	0	0	0	0	
2:00-3:00	1	0	0	0	0	
3:00-4:00	0	0	0	0	0	
4:00-5:00	2	1	1	0	0	
5:00-6:00	2	1	1	0	0	
Total:	11	6	3	0	0	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.21: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Sábado 09/06/12		Sentido de Circulación: Norte-Sur	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	0	1	0	0	0
7:00-8:00	1	0	1	0	0
8:00-9:00	2	2	1	1	0
9:00-10:00	3	1	0	0	0
10:00-11:00	4	3	1	0	0
11:00-12:00	5	2	0	0	0
12:00-1:00	1	2	1	0	0
1:00-2:00	2	1	0	0	0
2:00-3:00	0	0	0	0	0
3:00-4:00	1	1	0	0	0
4:00-5:00	3	2	2	0	0
5:00-6:00	4	2	1	0	0
Total:	26	17	7	1	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.22: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Sábado 09/06/12		Sentido de Circulación: Sur-Norte	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	2	0	0	0	0
7:00-8:00	3	2	0	0	0
8:00-9:00	1	1	1	1	1
9:00-10:00	0	1	0	0	0
10:00-11:00	1	0	1	0	1
11:00-12:00	0	3	0	0	0
12:00-1:00	1	1	0	0	0
1:00-2:00	0	0	0	0	0
2:00-3:00	1	1	1	0	0
3:00-4:00	2	0	0	0	0
4:00-5:00	4	4	2	0	0
5:00-6:00	3	4	1	0	0
Total:	18	17	6	1	2

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.23: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Sábado 09/06/12		Sentido de Circulación: Este-Oeste	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	0	0	0	0	0
7:00-8:00	0	0	0	0	0
8:00-9:00	2	1	0	1	0
9:00-10:00	1	1	0	0	1
10:00-11:00	3	1	1	0	0
11:00-12:00	1	1	0	0	0
12:00-1:00	2	1	0	0	0
1:00-2:00	0	0	0	0	0
2:00-3:00	0	0	0	0	0
3:00-4:00	2	0	0	0	0
4:00-5:00	1	2	0	0	0
5:00-6:00	4	1	1	0	0
Total:	16	8	2	1	1

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.24: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Sábado 09/06/12		Sentido de Circulación: Oeste-Este	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	1	0	0	0	0
7:00-8:00	1	0	1	0	0
8:00-9:00	3	1	1	0	0
9:00-10:00	0	0	0	0	0
10:00-11:00	0	0	0	0	0
11:00-12:00	1	0	0	0	0
12:00-1:00	1	1	0	0	0
1:00-2:00	0	0	0	0	0
2:00-3:00	0	0	0	1	0
3:00-4:00	0	1	0	0	0
4:00-5:00	2	1	1	0	0
5:00-6:00	2	2	0	0	0
Total:	11	6	3	1	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.25: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Domingo 10/06/12		Sentido de Circulación: Norte-Sur	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	0	0	0	0	0
7:00-8:00	1	1	0	0	0
8:00-9:00	2	1	1	0	0
9:00-10:00	3	2	1	0	0
10:00-11:00	3	1	0	0	0
11:00-12:00	2	0	0	0	0
12:00-1:00	3	1	0	0	0
1:00-2:00	4	0	1	1	0
2:00-3:00	5	2	0	0	0
3:00-4:00	2	0	0	0	0
4:00-5:00	3	1	1	0	0
5:00-6:00	4	2	0	0	0
Total:	32	11	4	1	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.26: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Domingo 10/06/12		Sentido de Circulación: Sur-Norte	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	0	0	0	0	0
7:00-8:00	0	0	0	0	0
8:00-9:00	2	0	1	0	0
9:00-10:00	4	3	0	0	0
10:00-11:00	2	2	3	1	0
11:00-12:00	4	2	0	0	0
12:00-1:00	1	2	0	0	0
1:00-2:00	0	0	0	0	0
2:00-3:00	0	0	0	0	0
3:00-4:00	3	2	1	0	0
4:00-5:00	1	3	0	0	0
5:00-6:00	2	2	3	1	0
Total:	19	16	8	2	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.27: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Domingo 10/06/12		Sentido de Circulación: Este-Oeste	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	0	0	0	0	0
7:00-8:00	0	0	0	0	0
8:00-9:00	2	1	1	1	0
9:00-10:00	3	0	0	0	0
10:00-11:00	1	1	1	0	0
11:00-12:00	0	0	0	0	0
12:00-1:00	2	1	0	0	0
1:00-2:00	0	0	0	0	0
2:00-3:00	2	1	1	0	0
3:00-4:00	0	0	0	0	0
4:00-5:00	4	1	1	0	0
5:00-6:00	2	1	0	0	0
Total:	16	6	4	1	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.28: Formato de conteo vehicular.

Lugar: III Etapa Bo. Héroes y Mártires de Monimbó		Fecha: Domingo 10/06/12		Sentido de Circulación: Oeste-Este	
Hora	Motos	Automóvil	Camionetas	Microbús	C2
6:00-7:00	0	0	0	0	0
7:00-8:00	1	0	0	0	0
8:00-9:00	2	2	0	0	0
9:00-10:00	3	0	0	0	0
10:00-11:00	0	1	1	0	0
11:00-12:00	1	2	0	0	0
12:00-1:00	2	1	1	0	0
1:00-2:00	1	1	0	0	0
2:00-3:00	0	0	0	0	0
3:00-4:00	0	0	0	0	0
4:00-5:00	3	1	0	0	0
5:00-6:00	2	1	1	0	0
Total:	15	9	3	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.29: Resumen de conteo vehicular.

Hora de 6:00 am-6:00 pm

SENTIDO NORTE-SUR								
Tipo de vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
Automóvil	9	7	9	9	8	17	11	70
Camionetas	4	4	4	3	4	7	4	30
Microbús	0	1	0	1	1	1	1	5
C2	0	0	0	0	0	0	0	0
Motos	13	17	10	13	19	26	32	130
Total	13	12	13	13	13	25	16	235

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.30: Resumen de conteo vehicular.

Hora de 6:00 am-6:00 pm

SENTIDO SUR-NORTE								
Tipo de vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
Automóvil	7	11	12	18	18	17	16	99
Camionetas	3	6	5	6	4	6	8	38
Microbús	0	1	1	1	2	1	2	8
C2	0	1	0	2	2	2	0	7
Motos	15	14	25	17	17	18	19	125
Total	10	19	18	27	26	26	26	277

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.31: Resumen de conteo vehicular.

Hora de 6:00 am-6:00 pm

SENTIDO ESTE-OESTE								
Tipo de vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
Automóvil	5	3	6	7	5	8	6	40
Camionetas	5	5	1	2	2	2	4	21
Microbús	2	0	0	0	0	1	1	4
C2	0	1	0	2	0	1	0	4
Motos	15	10	17	13	17	16	16	104
Total	12	9	7	11	7	12	11	173

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.32: Resumen de conteo vehicular.

Hora de 6:00 am-6:00 pm

SENTIDO OESTE-ESTE								
Tipo de vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
Automóvil	6	5	5	6	6	6	9	43
Camionetas	5	3	5	4	3	3	3	26
Microbús	2	1	1	1	0	1	0	6
C2	0	0	0	1	0	0	0	1
Motos	12	10	14	7	11	11	15	80
Total	13	9	11	12	9	10	12	156

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 3.33: Resumen de conteo vehicular.
Hora de 6:00 am-6:00 pm**

Estación 0+000-0+450								
Tipo de vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
Automóvil	12	14	18	25	23	25	22	139
Camionetas	8	11	6	8	6	8	12	59
Microbús	2	1	1	1	2	2	3	12
C2	0	2	0	4	2	3	0	11
Motos	30	24	42	30	34	34	35	229
Total	53	52	67	67	67	71	72	450

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 3.34: Resumen de conteo vehicular.
Hora de 6:00 am-6:00 pm**

Estación 0+450-0+000								
Tipo de vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
Automóvil	15	12	14	15	14	23	20	113
Camionetas	9	7	9	7	7	10	7	56
Microbús	2	2	1	2	1	2	1	11
C2	0	0	0	1	0	0	0	1
Motos	25	27	24	20	30	37	47	210
Total	51	50	48	45	52	73	76	391

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.35: Resumen de ambos sentidos del conteo vehicular.

Grupo	Motos	Autos	Camionetas	Micro bus < 15 Pasajeros	C2
Tránsito Total	439	252	115	23	12
TPDiurno	63	36	16	3	2
Factor Diario	1.31	1.20	1.10	1.00	1.00
TPDS	83	43	18	3	2
Factor Expansión	0.92	0.83	0.87	0.89	0.93
TPDA	76	36	16	3	2
%TPDA	52.08%	29.17%	13.89%	2.78%	2.08%
% Porcentaje vehículos livianos: 97.92%					% vehículos pesados: 2.08%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.36: Estación 1103, Tramo: Empalme Las Flores – Entrada Monimbó.

Camino:	NIC-11B		Estación:	1103		Tramo:	Emp. Las Flores - Ent. Monimbo			Período	L		Días:	3		Horas:	12		Mes/Año	febrero 2010		Km:	32.700	
Grupos	Motos	Vehículos de Pasajeros						Vehículos de Carga						Equipo Pesado			Total							
		Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.		Otros						
					<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.	18	19		21						
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16										
TP(D)	836	3188	426	1235	373	82	374	538	382	62		219					6				13		7734	
Factor Dia	1.31	1.41	1.36	1.37	1.33	1.29	1.29	1.27	1.31	1.29	1.00	1.75	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.14			
Factor Semana	1.04	1.05	1.08	1.00	0.95	0.95	0.98	0.91	0.90	0.96	1.00	0.89	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.52			
Factor Expansión	0.92	0.83	0.89	0.87	0.89	1.02	0.91	0.85	0.93	0.79	1.00	0.62	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.66			
TPDA Ene-Abr	1047	3908	553	1473	422	102	430	527	419	61		213					6				15		9176	
% TPDA	11.41	42.59	6.03	16.05	4.60	1.11	4.69	5.74	4.57	0.66		2.32					0.07				0.16		100.00	
% Vehículos Livianos	81.79%						% Vehículos Pesados						18.05%			0.16%		100.00%						

Fuente: Revista MTI, Anuario de Aforos de Trafico, Año 2010.

Tabla 3.37: Periodos de Diseño(n).

Tipo de carretera	Periodo de diseño
Autopista Regional	20 – 40 años
Troncales Sub – Urbanas	15 – 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Sub - Urbanas	10 – 20 años
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño de las Carreteras Regionales, SIECA 2001.

Tabla 3.38: Clasificación funcional de las vías urbanas.

Tipo de vía	Función
Vías rápidas	Son vías divididas con boulevard central, bloqueadas total o parcialmente, sin intersecciones en el mismo nivel o número reducido de ellas, destinadas a atender totalmente al tránsito de pasada; estas vías son las que presentan mayores capacidades, construidas con velocidad de proyecto entre 80-110 km/hrs.
Arterias	Vías divididas o no por boulevard central, intersecciones al mismo nivel, destinadas a atender prioritariamente al tráfico de pasada, presentan capacidad media a alta y construidas para velocidad de proyecto entre 50 a 80 km/hrs.
Vías colectoras	Son vías divididas o no por mediana o boulevard central con intersecciones en el mismo nivel, destinadas a atender tanto al tráfico de pasada como local; su capacidad va de media a baja y su velocidad de proyecto va de 30-50 km/hrs.
Vías locales	Tiene como función principal proveer el acceso a las propiedades, permiten acceso.

Fuente: Documentó de Curso de Titulación, Obras Viales Abril 2005, Msc. Bernardo Calvo.

Tabla 3.39: Factor de Distribución por Dirección (F_D).

Número de Carriles en ambas direcciones	LD^{10}
2	50
4	45
6 o mas	40

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993.

Tabla 3.40: Factor de Distribución por Carril (F_C).

Número de Carriles por una sola Dirección	Factor
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993.

Tabla 4.1: Niveles de Confiabilidad sugeridos para diferentes Carreteras.

Clasificación	Nivel de Confiabilidad	
	Urbana	Rural
Autopistas Interestatal y Otras	85 – 99.90	80-99.90
Arterias Principales	80-99	75-95
Colectoras de Tránsito	80-95	75-95
Carretera Local	50-80	50-80

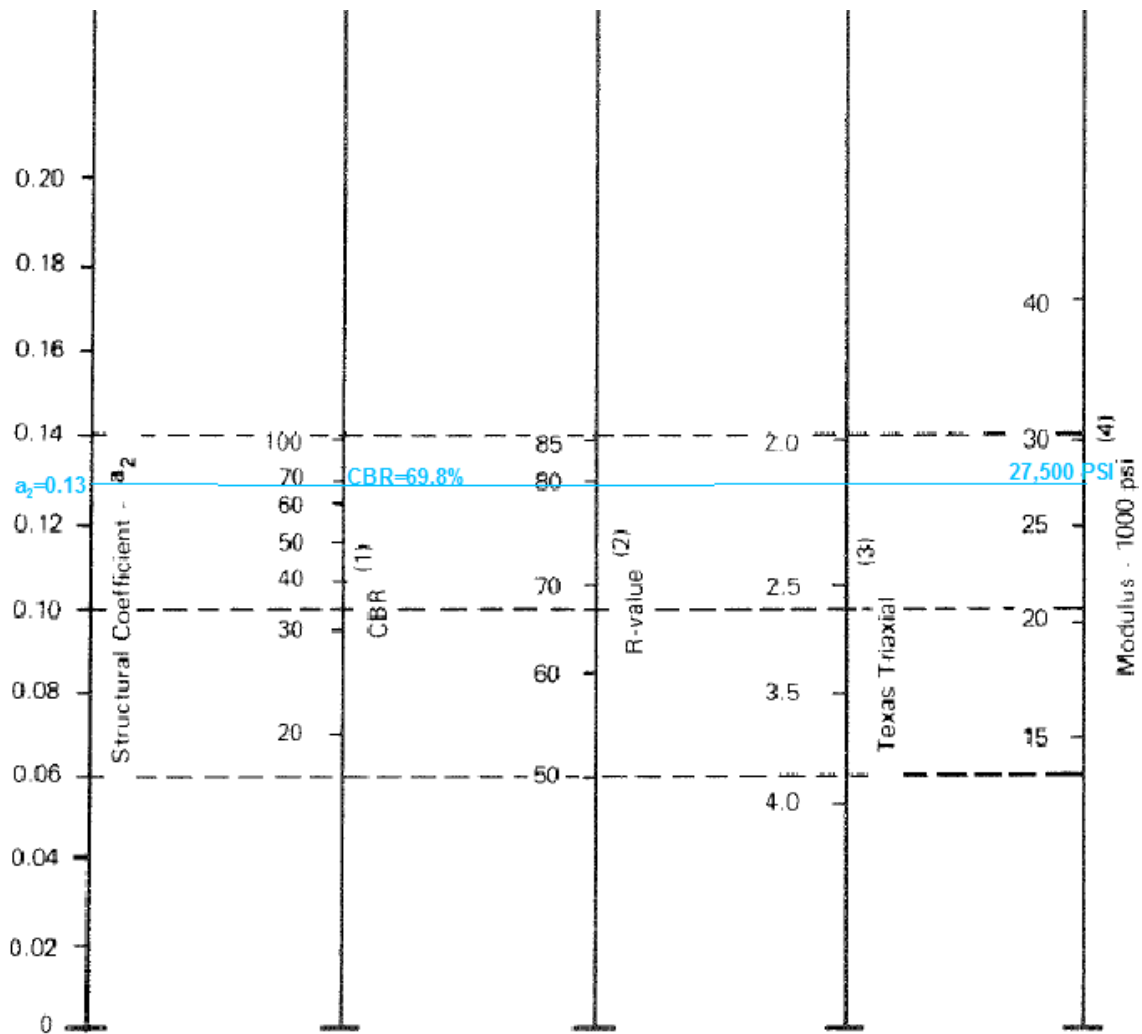
Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos SIECA. Guatemala Noviembre 2002

Tabla 4.2: Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles.

Calidad de Drenaje	P = % del tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	< 1%	1 – 5%	5 – 25%	>25%
Excelente	1.4 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos SIECA. Guatemala Noviembre 2002

Gráfico 4.1: Variación de coeficientes de la capa a_2 en bases granulares.

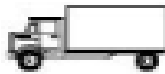
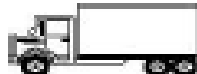








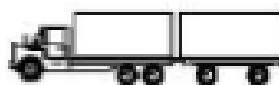



- 1) Escala derivada por correlaciones obtenidas promedio de Illinois
- 2) Escala derivada por correlaciones obtenidas de California, Nuevo México y Wyoming
- 3) Escala derivada por correlaciones obtenidas de Texas
- 4) Escala derivada del proyecto (3) del NCHRP.

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos SIECA. Guatemala Noviembre 2002

REPUBLICA DE NICARAGUA
MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIRECCION GENERAL DE VIALIDAD

DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES
PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (t) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2 I1		4.50	9.00					13.50
C3 I2		5.00	16.00					21.00
			8.00	8.00				
C4 Tx-Sx-4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1 Tx-Sx-4		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2 Tx-Sx-4		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3 Tx-Sx-5		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1 Tx-Sx-4		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2 Ca-Rx-4		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3 Ca-Rx-5		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2 Ca-Rx-4		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2 Ca-Rx-5		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3 Ca-Rx-5		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

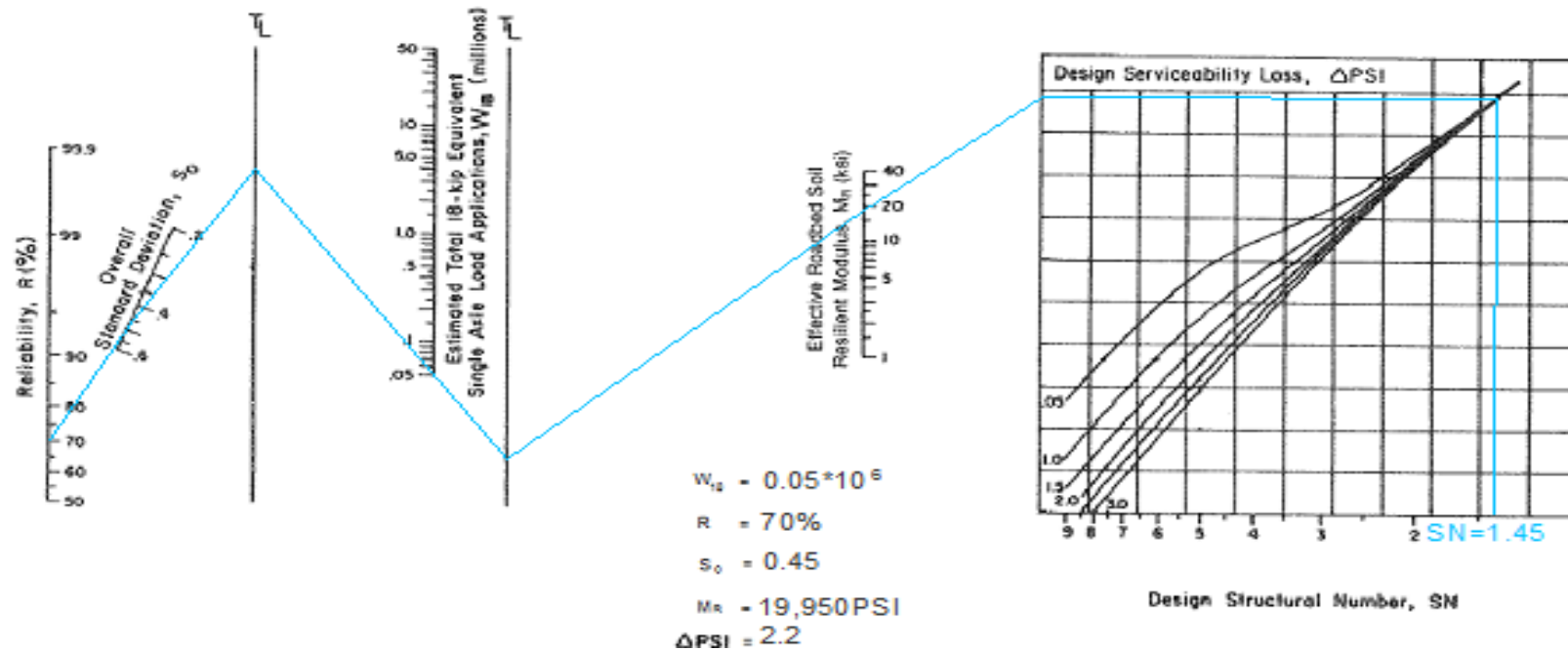
NOTA: El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.

a : Eje sencillo llanta sencilla.
b : Eje sencillo llanta doble.

Gráfico 4.2: Calculo de SN.

NOMOGRAPH SOLVES:

$$\log_{10} \frac{W}{18} = Z_R \cdot S_o + 9.36 \cdot \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log_{10} M_R - 8.07$$



Fuente: Libro de Diseño de Pavimentos, AASHTO 93.

Figura 4.1: Ingreso de datos al sistema (programa).

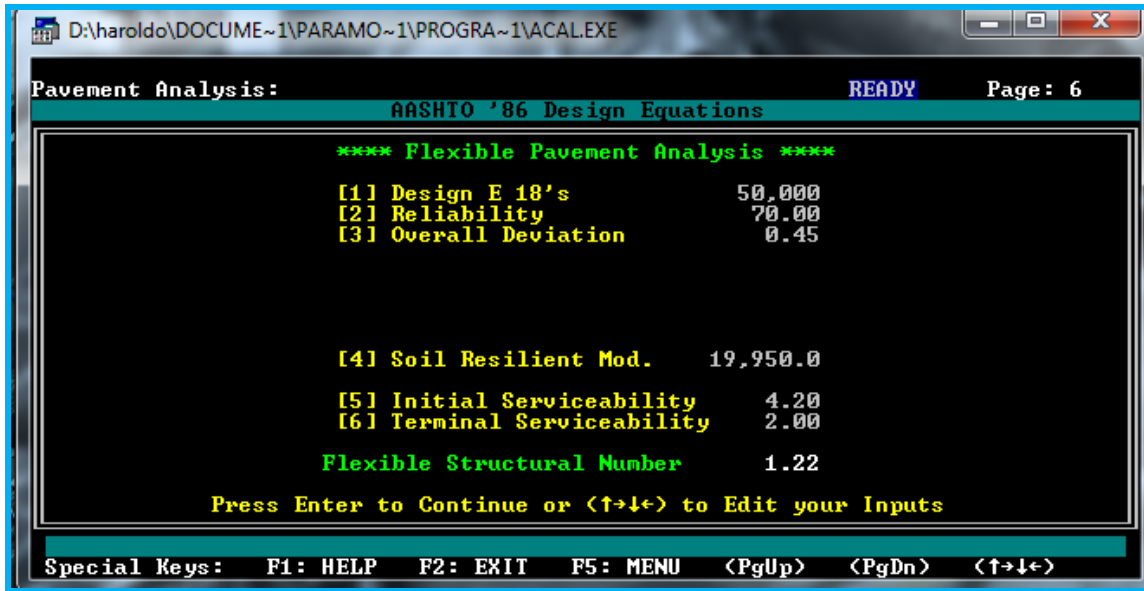
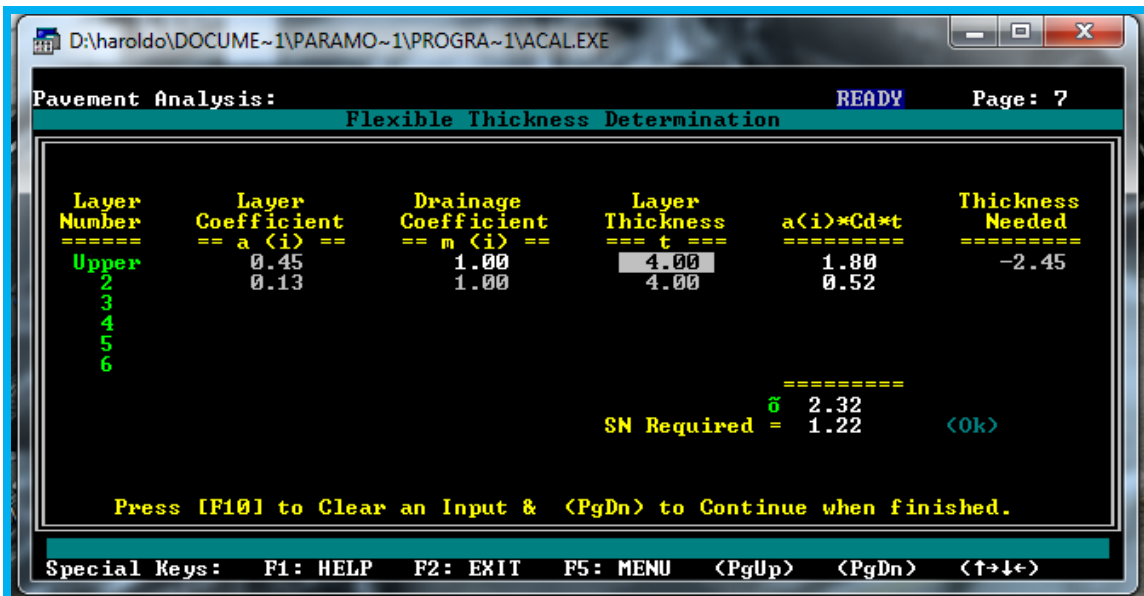


Figura 4.2: Resultado de datos procesados.



Fotos del Sitio.



Inicio del Proyecto. Est. 0+020



Est. 0+150



Calle atravesada. PI-Auxiliar



Intersección de calles. PI-4



Inundación producto de falta de aguas negras




Calles intransitables



Pila de aguas grises

Tabla 5.1: Intensidades Máximas Anuales, Departamento de Masaya.

 INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES INETER							
INTENSIDADES MÁXIMAS ANUALES DE PRECIPITACIÓN (mm).							
ESTACIÓN : MASAYA		Latitud : 11°58' 48"					
CÓDIGO : O69115		Longitud : 86° 06' 18"		Elevación : 210			
Periodo :1977 - 2009		Tipo : HMP					
AÑOS	5	10	15	30	60	120	360
1977	108.0	84.0	76.4	52.8	30.9	18.6	
1978	158.4	122.4	97.6	69.2	43.3	24.0	
1979	124.8	107.4	75.6	73.0	45.6	25.1	
1980	153.6	124.8	110.4	100.6	71.9	39.8	
1981	127.2	87.0	73.6	60.4	45.6	28.8	
1982	120.0	94.2	92.8	70.0	46.7	36.4	
1983	141.6	111.0	97.6	77.2	58.0	42.7	
1984	116.1	98.4	80.0	62.4	56.7	45.4	
1985	122.4	117.0	100.4	65.6	42.6	25.4	
1986	112.8	80.4	68.8	44.8	24.4	12.4	
1987	152.4	121.2	80.8	68.7	67.6	30.2	
1988	201.6	142.2	110.8	101.6	46.7	35.5	
1989	230.4	171.6	143.6	111.2	68.3	35.5	
1990	226.8	169.8	148.0	92.0	47.5	7.9	
1991	183.6	150.6	115.2	69.4	48.0	35.6	
1992	148.8	100.2	81.6	65.2	34.0	22.2	
1993	180.0	137.4	105.6	80.8	54.8	29.0	
1994	177.6	116.4	101.2	68.0	50.7	28.6	
1995	121.0	120.8	119.6	118.6	88.7	34.9	
1996	116.4	112.2	105.6	64.2	41.1	29.3	
1997	133.2	118.8	118.8	83.6	51.5	39.0	
1998	144.0	119.4	102.8	58.6	29.7	16.6	
1999	128.4	120.0	114.0	95.0	75.0	43.6	
2000	120.0	99.6	88.0	87.8	52.3	27.1	
2001	123.6	116.4	94.4	73.8	47.7	26.4	5.3
2002	122.8	91.2	74.4	46.8	46.0	33.1	9.0
2003	144.0	141.6	137.2	90.0	65.4	33.9	16.8
2004	116.4	106.2	90.8	55.6	29.9	15.3	7.0
2005	120.0	120.0	116.0	82.0	46.8	26.5	
2006	118.8	85.2	68.8	50.6	35.7	24.8	
2007	128.0	119.4	102.8	74.2	46.2	26.3	9.0
2008	168.0	129.0	124.0	91.6	87.6	56.5	17.8
2009	142.8	124.8	99.2	66.8	49.6	35.8	5.6

Fuente: INETER.

Tabla 5.2: Criterios de Diseño generalizadas para estructuras de drenaje.

Tipo de Estructura	Periodo de Retorno (años)
Alcantarillas de Carreteras	
Volúmenes de trafico bajos	5 - 10
Volúmenes de trafico intermedio	10 - 25
Volúmenes de trafico altos	50 - 100
Puentes de Carreteras	
Sistema Secundario	10 - 50
Sistema Primario	50 - 100
Drenaje Agrícola	
Alcantarillas	5 - 50
Surcos	5 - 50
Drenaje Urbano	
Alcantarillas en Ciudades Pequeñas	2 - 25
Alcantarillas en Ciudades Grandes	25 - 50
Aeropuertos	
Volúmenes bajos	5 - 10
Volúmenes intermedio	10 - 25
Volúmenes altos	50 - 100

Fuente: Hidrotecnia Vial I y II. Análisis Hidrológico y Diseño Hidráulico, Curso de Titulación Obras Viales, Febrero 2005. Dr. Ing. Ottoniel Arguello Herrera.

Tabla 5.3: Valores de C para uso en la fórmula racional.

Tipo de Suelo	Cobertura de la Cuenca		
	Cultivada	Pastos	Bosques
Con tasa de infiltración encima del promedio; usualmente arenosos o con gravas	0.20	0.15	0.10
Tasa de infiltración promedio, sin arcillas, barro o suelos similares.	0.40	0.35	0.30
Tasa de infiltración bajo del promedio, Arcillosos, suelos poco profundos	0.50	0.45	0.40

Fuente: Hidrotecnia Vial I y II. Análisis Hidrológico y Diseño Hidráulico, Curso de Titulación Obras Viales, Febrero 2005. Dr. Ing. Ottoniel Arguello Herrera.

Tabla 5.4: Sugerencias sobre frecuencias y esparcimiento mínimos del agua.

Clasificación de la vía	Frecuencia de Diseño	Extensión del Agua de Diseño
Alto volumen de la Vía < 70 Km/h	10 años	Hombros + 1 metro
Alto volumen > 70 Km/h	10 años	Hombros
Colectora < 70 Km/h	10 años	1/2 vía de rodamiento
punto bajo	10 años	Hombros
Calles locales Trafico bajo	5 años	1/2 vía de rodamiento
Trafico alto	10 años	1/2 vía de rodamiento
punto bajo	10 años	1/2 vía de rodamiento

Fuente: Hidrotecnia Vial I y II. Análisis Hidrológico y Diseño Hidráulico, Curso de Titulación Obras Viales, Febrero 2005. Dr. Ing. Ottoniel Arguello Herrera.

Tabla 5.5: Coeficientes de Rugosidad N (Chow, 1959).

Tipo de Canal y Descripción			
Canales Revestidos o Fabricados	Mínimo	Normal	Máximo
B - 1 Metal			
a. superficie de acero liso			
1. Sin pintar	0.011	0.012	0.014
2. Pintada	0.012	0.013	0.017
b. corrugado	0.021	0.025	0.03
B - 2 No Metal			
a. Cemento			
1. limpio en la superficie	0.010	0.011	0.013
2. mortero	0.011	0.013	0.015
b. Madera			
1. cepillada sin tratar	0.01	0.012	0.014
2. espillada creosotada	0.011	0.012	0.015
3. sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. planchas con listones	0.012	0.015	0.018
5. revestida con papel impermeable	0.01	0.014	0.017
c. Concreto			
1. terminado con cuchara	0.011	0.013	0.015
2. terminado con lechada	0.013	0.015	0.016
3. terminado con grava en el fondo	0.015	0.017	0.02
4. sin terminar	0.014	0.017	0.020
5. cunita en sección correcta	0.016	0.019	0.023
6. cunita en sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. sobre roca excavada pareja	0.017	0.02	-
8. sobre roca excavada irregular	0.022	0.027	-
d. fondo de concepto terminado con lechada con los costados de			
1. piedra acomodada en mortero	0.016	0.02	0.024
2. piedra volcada en mortero	0.02	0.025	0.030
3. mampostería de piedra partida cementada	0.02	0.030	0.035

Fuente: Monografía "Diseño de Adoquinado, Barrio Fátima. Rivas, Nicaragua". Realizado por: Br. Marcos Lenin Jiménez Gómez y Carlos Alberto Marengo Ortiz, Tutor: Msc. Bernardo Calvo.